Universidad Autónoma Metropolitana
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS EDUCATIVOS DE NIVEL BÁSICO PARA MEJORAR EL CONFORT LUMÍNICO Y OBTENER AHORRO ENERGÉTICO.

Luis Ángel Meza Zárate

Tesis para optar por el grado de Maestro en Diseño

Línea de investigación: Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado:

Dr. José Roberto García Chávez

Director de la tesis

Dr. Jorge Sánchez de Antuñano Barranco

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca

Dr. Ricardo Aguayo González

Dr. Rodrigo Ramírez Ramírez

México D.F.

Junio, 2015

AGRADECIMIENTOS

A mi madre

Por haberme apoyado toda la vida, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y por dejarme la herencia más noble posible: Educación.

A mi pareja y su familia

Por su ánimo día a día, comprensión, disposición, apoyo y por creer en mí ante cualquier circunstancia y en gran medida por la elaboración de este proyecto de vida pero sobre todo por su comprensión y eterno amor.

A mi director de tesis.

Al Dr. José Roberto García Chávez por su interés, su tiempo brindado a esta investigación, por sus consejos, la motivación diaria a este proyecto, y sobre todo por su amistad.

¡Gracias siempre a ustedes!

RESUMEN

La presente investigación muestra los factores y parámetros necesarios en todo diseño arquitectónico para el aprovechamiento eficiente de la iluminación natural como lo es: ubicación geográfica, cambio estacional, la ubicación dentro del edificio y en su contexto urbano, orientación, análisis del usuario, barreras vegetales o artificiales, obstrucciones, profundidad del espacio, sistemas de ventanería, etc. en un marco general estratégico de diseño. Posteriormente se aplicaron estrategias de diseño particulares y específicas en aulas tipo INIFED (antes CAPFCE) del estado de México por medio de modelos físicos tridimensionales, matemáticos y simulados en medios digitales calibrados acorde al salón diagnosticado; se propusieron los mejores casos para mejorar el confort lumínico y calidad visual, así como un análisis de costo beneficio con el fin de tener un mejor aprovechamiento de la luz natural, de que exista un ahorro energético evidente y claro, reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera y así verse reflejado como producto final en recomendaciones que pueden ser implementadas en casos similares de estudio y a ser considerados de igual manera en los códigos de construcción como estrategias de diseño aprovechando al máximo la iluminación natural.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética, Iluminación natural, confort lumínico.

ABSTRACT

This research shows the factors and parameters needed throughout architectural design for efficient use of natural lighting as it is: geographic location, seasonal change, the location within the building and its urban context, orientation, user analysis, vegetative barriers or artificial obstructions, depth of space systems, window frames, etc. a strategic framework design. Subsequently individual and specific strategies in type design INIFED classrooms (before CAPFCE) Mexico State is applied using three-dimensional, mathematical and simulated digital media calibrated according to the lounge diagnosed physical models; the best cases were proposed to improve lighting comfort and visual quality and a cost-benefit analysis in order to have a better use of natural daylight, there is an obvious and clear energy savings, reduce gas emissions greenhouse gases into the atmosphere and thus be reflected as a final product recommendations that can be implemented in similar case studies and to be considered equally in building codes and design strategies maximizing natural lighting.

KEYWORDS: Energy efficiency, natural lighting, lighting comfort.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

"Para el investigador no existe alegría comparable a la de un descubrimiento, por pequeño que sea"

ALEXANDER FLEMING

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

El planteamiento metodológico tiene como base la propuesta del Dr. Raymond Quivy (1992) ya que resulta más clara, sencilla y ofrece una visión práctica de lo que se denomina proceso de investigación señalando cuatro etapas principales (Figura 1) (Tabla 1).

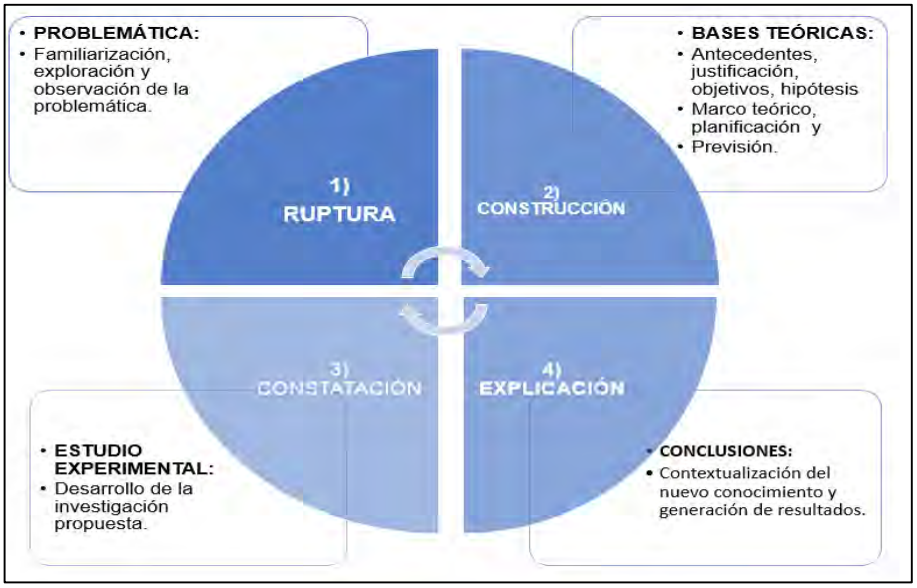


Figura 1. Planteamiento metodológico del Dr. Raymond Quivy (Quivy, 1992)

ESQUEMA DE LOS TÓPICOS DE INVESTIGACIÓN INCLUIDOS EN LA TESIS.			CUERPO DE LA TESIS
RUPTURA	ETAPA 1	PREGUNTA INICIAL	PROBLEMÁTICA
	ETAPA 2	EXPLORACIÓN INICIAL ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN, HIPOTESIS, OBJETIVOS.	
CONSTRUCCIÓN	ETAPA 3	BASES TEÓRICAS	ESTADO DEL ARTE
	ETAPA 4	CONSTRUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	
CONSTATACIÓN	ETAPA 5	ESTUDIO DE CAMPO	ESTUDIO EXPERIMENTAL
	ETAPA 6	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	
EXPLICACIÓN	ETAPA 7	CONTEXTUALIZACIÓN Y CONCLUSIONES	PRODUCTO Y CONCLUSIONES

Tabla 1. Aplicación de la metodología en la tesis

1.1 ANTECEDENTES

En un planeta recientemente involucrado en temas como calentamiento global, emisiones de CO_2 y el diseño arquitectónico sustentable, la planeación del uso de la luz natural en los edificios de estudio, se ha convertido en una estrategia para reducir de manera dramática el uso excesivo de energía eléctrica para iluminar dichos espacios.

Hoy en día la sociedad enfrenta el reto de contrarrestar el cambio climático, al mismo tiempo que persigue un crecimiento económico y una distribución equitativa de la riqueza. De ahí, el papel principal que desempeña el sector energético en el desarrollo económico y social de un país. Por lo tanto, resulta fundamental cambiar la forma en que el país produce y consume la energía para así garantizar un futuro más sustentable (SENER-AIE, 2011).

La eficiencia energética es el camino hacia ese cambio energético; es la solución que permite el uso racional de la energía a la vez que se mantienen los niveles de competitividad.

El aspecto de eficiencia energética trae consigo continuos y diversos avances tecnológicos, los cuales harán necesario establecer un punto entre lo ya convencional y la innovación en ahorro de energía, se considera de suma importancia que el estudio de la iluminación artificial y natural se enfoque a una formación integral y consciente, que por medio de carácter científico y técnico se logren todos aquellos objetivos planteados y por demás interesados.

La presente investigación enfoca su atención al aprovechamiento eficiente de la luz natural y también en diagnosticar el estado actual de aulas de nivel básico en el Estado de México y sugiere como aportación final estrategias de diseño de iluminación natural que se adapte a las necesidades de las actividades a realizar y así aumentar la eficiencia de iluminación natural en ellas.

Esto se trata de hacer lo más conceptual, esquemático y sobre todo práctico posible a fin de que sea de suma utilidad a los organismos de evaluación de la conformidad, especialistas en el desarrollo y ejecución de proyectos de sistemas de iluminación, así como a los demás sectores que estén interesados y puedan realizar sus distintas actividades que a cada uno le corresponde.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En tiempos en que la eficiencia energética se vuelve un componente cada vez más importante dentro de cualquier política energética sólida, existe la necesidad de ir más allá de las políticas comunes de energía para identificar a los sectores prioritarios y sus usos finales de energía para el diseño de políticas públicas y acciones eficientes

El ser humano ha modificado su entorno para tener más comodidades y el diseño de envolventes arquitectónicas ha tenido una evolución que ha propuesto diversas formas de iluminar las edificaciones.

Debatiendo la tarea de iluminar espacios aprovechando la luz natural es interesante ubicar el contexto para el cual se investigará, aclarar que por ejemplo, en un hogar, no se requieren las mismas especificaciones que un espacio escolar demanda, siendo este último un reto en resolver por varias razones como las tareas visuales y las prolongadas jornadas de estas que suelen ser críticas y el análisis de la luz natural con respecto a su aprovechamiento eficiente, calidad de luz, etc.

Sabemos que la República Mexicana está comprendida entre los 14º y 32º de latitud Norte y es bastante difícil e ilógico que en un solo reglamento de construcciones se consideren factores estáticos de diseño cuando las condiciones de luminancia son totalmente distintas para cada proyecto. Partiendo de la normatividad local del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y de las Normas Técnicas Complementarias del Proyecto Arquitectónico (Simon, 2004), existe una enorme deficiencia e irregularidad al proyecto en cuanto iluminación se refiere, ya que es estático y no considera una enorme cantidad de factores que son indispensables en el uso eficiente de la energía y de los requerimientos de confort lumínico, como propiedades de materiales, ubicación geográfica, mayor detalle en el uso de edificación, usuarios, entre otros; y lo que es más grave aún es que en aquellos estados restantes de la República Mexicana en los que no existe una legislación, se aplica la normatividad Vigente del Distrito Federal, empeorando aun las condiciones lumínicas ya que las condiciones del entorno son totalmente diversas y contrarias; uno de los escenarios en los que se ve reflejado este fenómeno es Puerto Vallarta-Jalisco con una ubicación geográfica de 20º40´0´N 105º16´0´´O a 101 msnm y un clima cálido húmedo, en su Título Quinto de Proyecto Arquitectónico (H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, Jalisco., 1991) hace más énfasis en la arquitectura vernácula pero no se especifican los niveles óptimos de luminancia de acuerdo al género y uso del edificio, propiedades físicas de materiales, qué ocurre con obstrucciones o recomendaciones generales en cuanto a las distintas épocas del año.

En la parte norte de nuestro país, Baja California Sur, 25º17´N 111º34´O a 2080 msnm, que presenta climas áridos hasta húmedos, en su Título Tercero de Proyecto Arquitectónico (H. Ayuntamiento de Baja California Sur, 2005) presenta las mismas limitaciones, señalando en conjunto con la ventilación aspectos muy generales y escasos.

La parte Sur de la República Mexicana no será la excepción; Tuxtla Gutiérrez 16º45´11N 93º6´56´´O y 522 msnm, con un clima cálido subhúmedo, en sus diversos artículos sólo se definen parámetros básicos como dimensiones mínimas de ventanas de acuerdo al tipo de habitabilidad del espacio, pero que limitan el diseño lumínico al carecer de aspectos relacionados al confort lumínico. (H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutierrez, 2005)

Durante los últimos tres años, México ha puesto en marcha mecanismos adecuados para la recolección de datos y construcción de indicadores con resultados que deben ser vistos como un punto de partida para la definición de acciones preliminares. Sin embargo, el trabajo no está terminado; por el contrario,

falta mucho por hacer. Si con los indicadores se han detectado áreas de oportunidad de mejora de la eficiencia, se necesita mayor información y recolección de datos para un mejor entendimiento de los patrones, tendencias y tecnologías para que las políticas públicas, y su implementación, sean más eficientes.

Sirva, entonces, esta investigación como punto de partida para dirigir la discusión de indicadores sobre un tema que se ha convertido en un instrumento de gran importancia para la transición energética, y lograr la sustentabilidad de las acciones que se desarrollan en nuestro país, con el fin de construir un México más fuerte.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Considerando que en la seguridad de las personas intervienen factores externos e internos en su vivir diario, el eliminar los riesgos que constituyen un peligro para la integridad de la persona, como salud y seguridad física, se verá reflejado en el uso de niveles de iluminación adecuados en base a una serie de factores no contemplados en su totalidad en la normatividad de hoy en día que permitan obtener realmente confort lumínico y ahorro energético en las edificaciones.

Debe extraerse el máximo aprovechamiento de la iluminación natural empleada, evitándose pérdidas innecesarias en la distribución, manipulación y uso de la misma, utilizando técnicas y dispositivos eficientes para cada caso de aplicación, y para el consumidor final. Con ello, sin afectar el nivel de vida, se logrará prolongar el máximo las reservas y los recursos actualmente disponibles, encaminando la transición hacia nuevas energías de forma moderada, evitándose así situaciones traumáticas con elevaciones desmesuradas de los precios, reflejo, en la mayoría de las ocasiones, de escasez relativa. Es preciso señalar no obstante que en el caso de la República Mexicana la principal fuente de consumo de energía se encuentra en el uso del aire acondicionado principalmente en los climas cálidos y en el caso del D.F y la zona metropolitana se presenta en el uso de sistemas de iluminación artificial así como en el uso de electrodomésticos caseros (Maqueda Zamora & Sánzhez, 2008, p. 5) no obstante en los tiempos actuales es importante conservar el medio ambiente a través del uso racional de la energía, por medio de programas de normalización de eficiencia energética, normatividad consciente de todos los casos de aplicación, incentivos económicos y distintos mecanismos que apoyen la administración de la demanda. Para realizar esta tarea, se requiere que los organismos de evaluación de la conformidad de eficiencia energética cumplan con una serie de factores y/o parámetros necesarios en base a una variedad de condiciones, ya sean climáticas, de ubicación, género de edificio, actividad a realizar, características físicas y ópticas de los materiales de la edificación, obstrucciones externas, época del año, orientación, profundidad del espacio, entre otros que permitan mejorar las condiciones de confort lumínico y de ahorro de energía.

Una realidad es que los niveles de iluminación en las escuelas[1] es crítico y que no hay calidad de luz dentro de las aulas del INIFED (Instituto Nacional de la Infraestructura Física y Educativa), ya que para poder ejecutar las tareas visuales es necesario tener como mínimo de 500 luxes (Secretaria del Trabajo y Prevision Social, 2008), en los salones se obtienen valores muy por debajo de estos requerimientos, durante la mayor parte del día, en el invierno (época más crítica del año), contando con un promedio de 8 horas aproximadamente demandando en esta época del año más atención, para aprovechar la disponibilidad de la luz natural para iluminar más horas está en estado de alerta ya que en este periodo es cuando se cuenta con menor número de horas durante el día solar y durante la jornada escolar el costo por usar energía eléctrica aumenta de manera exponencial. Esto registra un alto consumo que obedece a dirigir la atención de las autoridades a disminuir dichos consumos innecesarios puesto que se cuenta con una buena disponibilidad de luz de día.

1.4 OBJETIVOS

General: Evaluar paramétricamente factores que ayuden a definir las condiciones ideales de confort lumínico y determinen los niveles de iluminancia interior en aulas de nivel básico en base a criterios de eficiencia y ahorro energético, que garantice un mejor aprovechamiento de los mismos.

Particular 1: Evaluar y mejorar la eficiencia de la iluminación natural dentro de los espacios dedicados al estudio en base al análisis de los factores no contemplados en la normatividad local utilizando sistemas pasivos de iluminación para:

- Lograr el confort lumínico de los usuarios
- Mejorar la productividad
- Evitar el deslumbramiento
- Aumentar la eficiencia en las diversas actividades de los usuarios
- Ahorro energético y disminución del gasto en electricidad

Particular 2: Generar recomendaciones generales en base a la aplicación de las estrategias de diseño de iluminación natural que será la plataforma y la justificación fundamental para proponer recomendaciones de diseño para la iluminación diurna en casos similares.

1.5 HIPÓTESIS

Si para desarrollar al máximo las actividades en un sitio de trabajo se requiere de una buena iluminación, entonces al implementar estrategias de diseño de iluminación natural en escuelas de nivel básico que distribuyan de manera eficiente las fuentes de iluminación y simulen un entorno visual confortable,

[1] Niveles críticos de Iluminación: Niveles por debajo de los 300 lux de acuerdo a los valores mínimos que sugiere la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-STPS,1999)

coadyuvaran al mejoramiento de las condiciones de confort lumínico, se obtendrá ahorro energético y ayudaran al cambio climático reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero.

1.6 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

*¿Cómo coadyuvará al mejoramiento de las condiciones de confort lumínico y al ahorro de energía la integración de ciertos factores en el caso de estudio?

*¿Qué modificaciones son necesarias para construcciones futuras y se pueden implementar en un futuro en la normatividad local?

*¿Qué sistemas pasivos de iluminación natural se pueden implementar y cuál es el más conveniente al costo beneficio que ofrece para las aulas actuales en el sistema INIFED?

*¿Cómo se podrán implementar recomendaciones de diseño de luz diurna para otros estados de la república mexicana que persiga el ahorro y la eficiencia energética?

La presente investigación está enfocada directamente al análisis exhaustivo de los factores de diseño a considerar en el confort lumínico mediante estrategias de diseño de iluminación natural, con el apoyo de distintos equipos, como modelos físicos tridimensionales, medios matemáticos y digitales como Ecotect, Radiance y Daysim, obteniendo valores de confort lumínico que permitan realizar recomendaciones y den como resultado un conocimiento amplio y justificado de la situación lumínica actual en el caso base de estudio. La realidad de esto se verá reflejada en los resultados del análisis, serán la plataforma y la justificación fundamental para proponer recomendaciones de diseño para la iluminación, tomando en cuenta todos aquellos factores analizados que sigan fundamentos de bienestar y confort basados en criterios de eficiencia energética.

1.7 METAS

*Análisis de información para conocer el estado del arte de la temática, tanto de la normatividad como de la iluminación a partir de la evaluación bibliográfica.
*Obtención, elección, jerarquización y análisis de toda la normatividad existente y de los sistemas de evaluación que hacen parte de los procesos.
*Estructura de una base de datos presentando y definiendo cada uno de los factores no incluidos en la normatividad para determinar el sistema de evaluación correcto.
*Elaboración del prototipo experimental físico.
*Realización de pruebas experimentales con la evaluación de los factores en cielo artificial y al exterior con condiciones de cielo despejado.
*Aplicación de modelos de simulación tridimensional en Ecotect, Radiance y Daysim.

*Obtención de resultados de los modelos de simulación y comparación con las pruebas experimentales y cotejarlos.

*Análisis de resultados comparativos-experimentales con los de simulación en 3d.

* Interpretación y propuesta de factores influyentes en el caso de estudio.

* Gestión, análisis e interpretación de resultados por la toma de datos sobre los factores propuestos generando evaluaciones de eficiencia e implementaciones.

*Conclusiones, generación y presentación del documento final.

1.8 CONCLUSIONES PARCIALES

Es bien sabido que en el S. XXI la eficiencia energética es y será el único camino hacia una revolución energética; es la solución que permite el uso racional y correcto de la energía a la vez que se mantienen los niveles de competitividad en todo el mundo. Se debe de considerar de suma importancia que el estudio de la iluminación artificial y natural se enfoque a una formación integral y consciente con la arquitectura. Esto dará pie a que sea de suma utilidad a los organismos políticos y públicos, especialistas y arquitectos interesados en el desarrollo y ejecución de proyectos de sistemas de iluminación, así como a los demás sectores que estén por demás interesados y puedan coadyuvar a un desarrollo sostenible.

Para ello con base en lo planteado en el presente capítulo se enfocará la atención al aprovechamiento eficiente de la luz natural así como diagnosticar el estado actual de las aulas de nivel básico del estado de México y sugiere como aportación final, recomendaciones de diseño que surgen como punto de partida para dirigir la discusión de indicadores sobre un tema que se ha convertido en un instrumento de gran importancia para la transición energética, abarcando en próxima instancia el registro histórico a lo largo de la historia y su manera de satisfacer sus necesidades lumínicas y lograr la sustentabilidad de las acciones que se desarrollaron en su tiempo.

CAPÍTULO 2

USO DE LA ENERGÍA EN LA ARQUITECTURA A TRAVÉS DE LA HISTORIA

"Si uno no sabe historia, no sabe nada: es como ser una hoja y no saber que forma parte del árbol"

MICHAEL CRICHTON

CAPÍTULO 2. USO DE LA ENERGÍA EN LA ARQUITECTURA A TRAVÉS DE LA HISTORIA

MARCO TEÓRICO

El actual capítulo marca el inicio del grupo central de conceptos, principios y teorías con los que se podrá comprender de una manera clara y concisa el contenido del proyecto de investigación, para que en capítulos posteriores se abunde extensamente en la experimentación, justificación y en la comunicación idónea de conclusiones y resultados.

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Varias civilizaciones tenían una concepción del universo distinta a la que hoy existe, poseían una concepción relacionada al sol y su contexto geográfico. El astro rey mayor siempre ha sido considerado como una divinidad en muchas civilizaciones, tanto el hemisferio oriental como el occidental, misterio que aún perdura y seguirá siendo contada a generaciones venideras.

Una adecuada integración de la iluminación en la arquitectura mejora los procesos cognitivos, incentiva la creatividad y crea espacios más sensibles. En ese sentido, resulta fundamental que se amplíen los conocimientos en las especificaciones y en las normas técnicas que circundan el mundo de la iluminación (Tecno Lite. La luz es tuya, 2013).

Con la Revolución Industrial, segunda mitad del S. XVIII y principios del XIX, la invención de las lámparas incandescentes de 1879, fluorescentes del 1939, el uso desmesurado de la energía eléctrica en sistemas energéticos artificiales, represento de cierta forma una ruptura con las consideraciones que hasta ese momento eran tan importantes en el arte y la arquitectura, pasando así la iluminación natural a segundo plano.

2.2. LA ENERGÍA

La energía es un término asociada a la materia y la física la define como la capacidad para realizar un trabajo, así el hombre, a lo largo de la historia, ha necesitado de energía para su subsistencia y su desarrollo (Figura 2). Al principio de los tiempos, la energía proporcionada por la biomasa era suficiente para las necesidades de calefacción, tratamiento de alimentos, iluminación etc., mientras que el transporte era suministrado por animales.

Gracias al uso y conocimiento de las formas de energía ha sido capaz de cubrir necesidades básicas: luz, calor, movimiento, fuerza, y alcanzar mayores condiciones de confort para tener una vida más cómoda y saludable. Sin embargo, se ha producido una modificación del entorno y un agotamiento de los recursos del medio ambiente. Así, el uso de la energía ha acarreado un efecto secundario de desertización,

erosión y contaminación principalmente (Figura 3), que ha propiciado la actual problemática medioambiental y el riesgo potencial de acrecentar la misma con los desechos y residuos de algunas de las formas de obtención de energía (SENER-AIE, 2011).

Figura 2. El hombre prehistórico
Fuente:http://cienciassocialesalgodonales.blogspot.mx/2012/04/el-paleolitico-una-economia-depredadora.html

Figura 3. Contaminación y erosión del suelo
Fuente:http://www.monografias.com/trabajos62/tipos-erosion-suelos/tipos-erosion-suelos2.shtml

2.3 USO DE LA ENERGÍA EN LA ANTIGÜEDAD

Es importante mencionar que la primera fuente de energía que uso el hombre fue la proveniente directamente del Sol y para ciertos usos. Varias civilizaciones han tenido un fuerte e inquebrantable vínculo con la energía solar, tanto para su seguridad, cocción de alimentos, cuestiones místicas, orientaciones, religión, política, etc.

Dicho esto abundaremos en las civilizaciones más sobresalientes a través de la historia que han marcado de manera definitiva el concepto general del uso de la energía en la arquitectura a través de la historia.

2.3.1 EGIPTO

El Antiguo Egipto fue una civilización que surgió al agruparse los asentamientos situados en las riberas del cauce medio y bajo del río Nilo. Como bien se sabe, tenían un enorme respeto por sus deidades, uno de ellos sin duda: el Dios Sol Ra, reverenciado como el dios responsable de toda creación. El faraón de turno era su hijo y representante en la Tierra. Las creencias religiosas relacionadas con el Sol influyeron en la planeación y lineamientos de las ciudades (M.Boubekri, 2008).

El radiante sol, la poca vegetación y el deslumbramiento en las áridas superficies limitaban las aberturas tanto en paredes como en techos en la arquitectura egipcia, además el sistema constructivo de los templos monumentales construidos con piedra gigantes tenía posibilidades de pocas aberturas en el mismo, como es el caso de la pirámide de Guiza en Egipto. La masividad de la mampostería bloqueaba el ingreso de la luz natural por lo que para captar, dirigir y atenuar la luz natural caía en las aberturas y usos de distintos dispositivos de energía solar.

En el antiguo Egipto existían lámparas en donde se debía introducir aceite para poderlas encender. Estas lámparas fueron destinadas seguramente a alumbrar de forma tenue los interiores de los aposentos reales, creando un ambiente cálido y agradable. Otra posibilidad planteada por algunos egiptólogos es el uso de espejos como medio reflectante para obtener luz solar en el interior de las tumbas. La colocación en lugares estratégicos del sepulcro de espejos fabricados con plata muy pulida, podría realizar una conexión solar desde el exterior de la tumba hasta las cámaras interiores. La luz iría reflejándose en sucesivos espejos hasta llegar al punto deseado. Los inconvenientes que plantea esta teoría son demasiado complicados como para tenerla en cuenta. El hecho de que el sol no permanezca quieto toda una jornada de trabajo, obligaría a girar constantemente los espejos siguiendo el foco inicial de luz y añadiendo nuevos espejos según se desplazara por la pared trabajada: mortificante tarea para cualquier obrero (Ares, 2000). Existen varios templos significativos diseñados en reverencia al Dios del Sol Ra y Amón, como las Pirámides de Giza con referencia a las alineaciones astrales, los movimientos del sol y el cambio de estaciones. Fue construida por el faraón de la cuarta dinastía del Antiguo Egipto (Figura 4), y varios de sus componentes están orientados de tal manera en la que se capte energía solar por las mañanas y alumbren directamente el interior de los espacios por aberturas; y el templo de Ramsés II en Abu Simbel (Figura 5) en donde el sol ilumina el rostro de la estatua del faraón Ramsés II en su templo, un fenómeno que ocurre sólo dos veces al año iluminando durante 24 minutos la cara del rey. Durante esos minutos, los rayos recorren una distancia de 60 metros hasta llegar al sanctasanctórum del templo para anunciar el inicio del mes de “Bert”, que marcaba el comienzo de la temporada agrícola para los antiguos egipcios y la conmemoración del ascenso al trono de Ramsés II. La única ocasión en la que se vuelve a iluminar la estatua es el 22 de febrero, con motivo del cumpleaños del rey egipcio (M.Boubekri, 2008).

Figura 4. Piramides de Giza
Fuente:http://www.helios-reisen.de/kairoinfo.htm

Figura 5. Templo de Ramsés II en Abu Simbel
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Templo_de_Rams%C3%A9s_II_(Abu_Simbel)

2.3.2 GRECIA

Los edificios en Grecia se caracterizaban por el uso extenso de columnas ya sean exteriores e interiores, producto de la dificultad de construir grandes luces, espacios que servían como refugio para el sol de

verano y las lluvias de invierno, además de las deidades vivientes en ellas. Los templos más importantes fueron diseñados para ser vistos desde el exterior, no para ser habitados, claro ejemplo de esto en el Partenón (Figura 6). Su aplicación solar era útil y necesaria para lograr confort en la arquitectura de uso diario, ya que los edificios eran construidos con muros gruesos que transmitían el calor recibido del sol en invierno y el frio de las noches de verano al interior, lo que hoy conocemos como masividad térmica. Esto combinado con aberturas profundas que dirigían la luz al interior, haciendo un uso eficiente de la iluminación natural. Se educaba el respeto hacia el acceso solar, sin importan niveles sociales, y era un componente importante al momento de trazar nuevas ciudades que luego se convirtieron en referentes como Olinto y Priene (Figura 7). Además de utilizar el sol para calentar sus hogares, los griegos creían que el sol fomentaba la buena salud (Moore, 1991).

Figura 6. El Partenón de Atenas
Fuente: http://www.atenas.net/partenon

Figura 7. Antigua ciudad de Priene
Fuente:http://cv.uoc.edu/~04_999_01_u07/percepcions/perc15b.html

2.3.3 ROMA

Considerado como uno de los mayores imperios de la historia de la humanidad, una de las civilizaciones que logro grandes aportaciones al mundo comparable en occidente con los mayas o los aztecas. Adelantos constructivos romanos que hicieron posible que el uso de la luz natural y el calentamiento solar pasivo se incrementara.

El uso del arco de medio punto reflejado en sus acueductos, la bóveda de cañón corrido en sus basílicas y la cúpula hicieron posibles grandes avances en la arquitectura venidera, al usar la mampostería a compresión y el uso de grandes claros. Esto permitía, por primera vez, el uso de grandes vanos logrando introducir más luz natural al interior de los espacios. Los romanos construyeron monumentales edificios públicos que usaban varias estrategias para iluminación natural (Figura 8).

Las Basílicas, uno de los edificios más sobresaliente de la cultura, tenían una planta generalmente rectangular, con su eje más largo orientado este-oeste para la mayor exposición posible al sur. Muchas de las casas romanas tenían una caldera solar conocida como “heliocaminus” que consistía en un espacio separado dentro del conjunto donde se almacenaba el calor para ser redistribuido a otras áreas

(Figura 9). Otro caso espectacular con una maestría en el uso de la iluminación natural logrando efectos maravillosos es el Panteón de Agripa (Figura 10) donde la cúpula está formada en el interior con cinco filas de casetones, que decrecen en tamaño hacia el centro, donde está perforada con un agujero de 9 m de diámetro. Dicha ventana circular permanece abierta, y por ella entra la luz, e incluso la lluvia; el pavimento del templo cuenta con desagües que la evacuan.

Se sabe que los romanos son pioneros en la utilización de ventanas de vidrio, usadas para la arquitectura y atrapar el calor y así calentar sus edificaciones de manera pasiva. Esta civilización fue también pionera en las legislaciones y normas, como la legislación solar y leyes de protección para el acceso a la luz solar de ciudadanos, esto a raíz del aumento desmesurado de la densidad urbana (Moore, 1993).

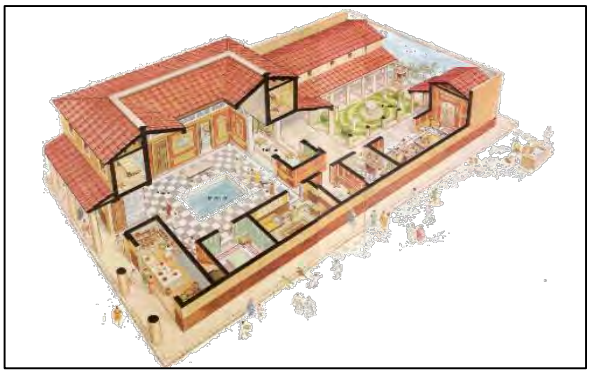


Figura 8. La Domus romana
Fuente:http://sobreitalia.com/2009/04/07/la-domus-romana/

Figura 9. Caldera solar romana
Fuente:http://www.flickr.com/photos/47678913@N04/favorites/with/2812808179/

Figura 10. Cúpula del Panteón de Agripa
Fuente: http://lostonsite.com/2011/07/16/cuando-se-representa-la-esfera-celeste/

2.3.4 PERIODO GÓTICO

El periodo gótico elevó la concepción de la construcción en piedra a su mayor grado de sofisticación estructural, eliminando el elemento estructural de los muros de carga implementado en las culturas anteriores, poniendo énfasis en la ligereza estructural con el uso de las columnas y la aparición del marco

rígido y la aparición de grandes ventanales en vitrales como concepción de iluminación espiritual en las naves del interior de los edificios (Figura 11).

Por primera vez el muro estructural dejaba de ser la principal manera de soportar, lo que permitió abrir vanos vidriados de considerable tamaño fomentando el uso de la iluminación natural más allá de la necesidad de iluminar los espacios, sino también una función espiritual o narraciones iluminadas (Figura 12).

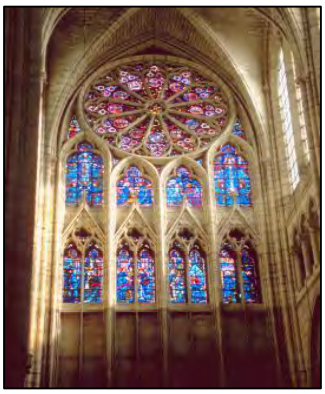


Figura 11. Vitral Gótico
Fuente:http://www.ehowenespanol.com/funcion-del-vitral-arquitectura-gotica-info_210899/

Figura 12. Estructura gótica
Fuente: http://culturacolectiva.com/top-20-edificios-de-arquitectura-gotica/

2.3.5 RENACIMIENTO

Renacimiento es el nombre dado a un amplio movimiento cultural que se produjo en gran parte de Europa Occidental, central, y algunos en la parte Oriental en los siglos XV y XVI. Sus principales exponentes se hallan en el campo de las artes, aunque también se produjo una renovación en las ciencias, tanto naturales como humanas. Italia fue el lugar de nacimiento y desarrollo de este movimiento donde elementos clásicos fueron reintroducidos como las columnas, frontones, cornisas, etc. y la iluminación natural se volvió más sutil, sofisticadas e innovadoras en la concepción renacentista. Esta tendencia lograba efectos lumínicos interesantes, como el caso de la nave gótica de la Iglesia de Santa María Novella (Figura 13) con grandes claros y el regreso del orden clásico a la fachada (Figura 14).

Figura 13. Iluminación natural en S.M. Novella
Fuente:http://www.disfrutaflorencia.com/santa-maria-novella

Figura 14. Fachada principal S.M. Novella
Fuente:http://www.florencia.es/arquitectura-y-arte/las-iglesias/santa-maria-novella.htm

2.3.6 MESOAMÉRICA

En el mundo occidental el uso eficiente de la energía no era la excepción, pues al contrario, existía un concepto de sustentabilidad desde sus orígenes, es evidente que tenían una concepción del sol distinta, por ejemplo para los mayas, el equinoccio de primavera representaba una fecha en la que podían demostrar sus conocimientos de astronomía, matemáticas, cronología, geometría y religión. Es por eso que en la puesta del sol de cada 21 de marzo, en la Pirámide de Kukulcan o castillo de Chichén Itzá, se produce una proyección serpentina de siete triángulos de luz invertidos, como resultado de la sombra de las nueve plataformas del edificio (Figura 15). Otro de los espectáculos sobresalientes mayas es el Templo de las siete muñecas en la zona arqueológica de Dzibilchaltún se pudo admirar este fenómeno, cuando el sol cruzó precisamente por el centro de la puerta principal del templo mencionado (Figura 16) (Figueroa, 2005).

Figura 15. Pirámide de Kukulcan
Fuente: http://zonabien.com/dzibilchaltun/

Figura 16. Zona arqueológica de Dzibilchaltún
Fuente:http://www.taringa.net/posts/info/9905241/La-piramide-de-Kukulcan-y-sus-misterios.html

En principio no debe olvidarse que para los mesoamericanos el universo guarda relación fundamental con el Sol. En muchas lenguas de esta área el concepto de sol se enuncia con un vocablo cuya raíz significa "luz-calor". En náhuatl, por ejemplo, Tonatiuh, derivado de tona, "brillar; calentar", se relaciona con tonalli, que es "día, calor; destino". Por otra parte, Tonatiuh, al referirse a los "soles" que han existido, significa "edad", "periodo cósmico" (Portilla, 1968). El concepto de sustentabilidad en la Antigua América partía de la concepción de equilibrio entre las tres familias del mundo - la comunidad natural, la comunidad humana y la comunidad de las deidades -, las cuales deben relacionarse a partir del dialogo y la reciprocidad. La naturaleza era sacralizada y por ello era protegida. Un sentido trascendente del mundo era advertido y reforzado a través de rituales y ceremonias en sus templos (Figura 17) (Sprajc, 2001).

Figura 17. Templo del sol en Palenque
Fuente: http://www.redmexicana.com/patrimonios/Palenque.asp

2.3.7 LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La expresión o termino Revolución Industrial fue difundida a partir del año 1845, por el comunista Federico Engels uno de los fundadores del socialismo científico, para designar al conjunto de transformaciones técnicas y económicas que caracterizaban a la sustitución de la energía física por la energía mecánica de la maquinas, el cambio a la producción manufacturera por la fabril en el proceso de producción capitalista (Campoy, 2011).

Como se vio en culturas pasadas los arquitectos utilizaban la envolvente de los edificios como el principal regulador de luz y calor entre el objeto arquitectónico y el exterior, solo recordemos el arte gótico o el renacimiento.

La iluminación era principalmente natural y determinada por el clima del lugar, por lo que los espacios debían estar correctamente orientados, dependiendo de las actividades a realizar y los horarios de usos. El intercambio de calor entre el interior y el exterior estaba regulado por los materiales, espesores y estrategias de calentamiento o enfriamiento como en el imperio Romano.

Después de la revolución industrial estos importantes aspectos de la arquitectura se dejaron de lado con las innovaciones desarrolladas en este periodo. Ahora los arquitectos tenían la posibilidad de olvidad las limitaciones que siempre dieron forma a sus diseños. La tentación fue muy grande. Con la revolución industrial y consecuente uso de estructuras nuevas siendo más livianas, la función de los muros se redujo a un elemento que protegía al interior del viento y el agua, además de volverse cada vez más delgado para reducir el peso total de la estructura y de esta manera las dimensiones de la estructura. Los muros se volvieron pequeños paños por el uso de grandes ventanales, esto aumentó la posibilidad de iluminación natural en todo el perímetro de la fachada, pero también elevó el deslumbramiento, la pérdida de calor en invierno y las ganancias de calor en verano.

Las cualidades térmicas de las edificaciones fueron reemplazadas por sistemas mecánicos de iluminación, ventilación y calefacción.

La creación de lámparas incandescentes, luego de las lámparas fluorescentes permitió a los edificios tener plantas de mayor profundidad y reemplazaron a las ventanas, y aquellos dispositivos naturales como las principales fuentes de iluminación en la arquitectura (Holick, 1999). El comienzo del siglo XIX presenció el nacimiento de un nuevo movimiento que proponía la modernidad y rechazada el pasado. Negaba la reproducción de modelos antiguos con paredes masivas y ventanas pequeñas.

Los avances tecnológicos hicieron posibles las nuevas formas de pensar en el diseño, desde ahora los edificios podían ser construidos con luces grandes y aberturas considerables (Boubekri, 2008), surgen movimientos con tendencias simples que comparten las características formales más puristas

del Movimiento Moderno. Se caracterizó, en lo formal, por su énfasis en la ortogonalidad, el empleo de superficies lisas, pulidas, desprovistas de ornamento, con el aspecto visual de ligereza que permitía la construcción en voladizo, por entonces novedoso. También se avino a una homogeneidad de materiales, presididos por el concreto armado, con el que se crearon amplios espacios interiores con similitudes en varios edificios. Las características no formales ni materiales, como el compromiso con el progreso y el sentido de la serialización como modo de poder mejorar la vivienda de la clase baja, no se consideraron capaces de ser montada en cualquier parte del mundo, como es el caso de las obras de Walter Gropius o Mies Van Der Rohe (Figuras 18 y 19).

Figura 18. Casa Gropius (1928)
Fuente:http://disonancias-zapata.blogspot.mx/2010/11/walter-adolph-georg-gropius-18-de-mayo.html

Figura 19. Edificio Seagram de Mies Van Der Rohe
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Edificio_Seagram

2.4 CONCLUSIONES PARCIALES

Dicho así, con un panorama general de como evoluciono el uso de la energía desde la aparición del hombre y sus necesidades de sobrevivencia, pasando por el sedentarismo, la invención del fuego y el apoyo de las bestias de carga, la gran Mesopotamia con el uso de molinos, Egipto con el uso de vidrios reflejantes, Grecia en el uso de grandes espacios para aprovechar el sol, Roma con el uso de la energía hidráulica y solar, el arte Gótico con el uso místico de los vitrales llevando más allá la iluminación natural, hasta Mesoamérica en occidente con Tonatiuh el respeto por el dios del sol y la abundancia hasta la gran revolución industrial y medioambiental, un gran avance tecnológico y obvio de la construcción con nuevos materiales como el vidrio y el acero, con una pérdida por los valores de sustentabilidad y una arquitectura efímera sin identidad capaz de ser montada en cualquier parte del mundo, es claro que el uso desmesurado de la energía fue llegando a estándares críticos, generando un cambio climático, un impacto de las crisis energéticas sobre la economía mundial llego a la preocupación de todos, que es lo que se analizara en el próximo capítulo. Situación energética e impacto ambiental.

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ENERGÉTICA E IMPACTO AMBIENTAL

"Hoy en día, el desarrollo es una preocupación mundial que trasciende las ideologías y los intereses inmediatos. Es ahora un reto tanto moral como político... Que demuestra que la estabilidad y la prosperidad son indivisibles"

KOFFI ANNAN

3.1 CAMBIO CLIMÁTICO. UNA REALIDAD

Durante los últimos 400 mil años, el clima de la Tierra ha sido inestable, con temperaturas oscilantes de un clima cálido a una edad de hielo en tan sólo unas décadas. Sin embargo, estas variaciones han sido menos frecuentes de 10 mil años a la fecha. De acuerdo con la evidencia disponible, es poco probable que la temperatura media global haya variado más de 1° C en un siglo en el transcurso de este periodo.[2] Gracias a estudios realizados en núcleos de hielo, se ha establecido una sólida correlación entre el contenido de CO_2 en la atmósfera y la temperatura terrestre (Figura 20) existen altas concentraciones atmosféricas de este gas que han coincidido con incrementos en la temperatura media global (INEGI, 2010).

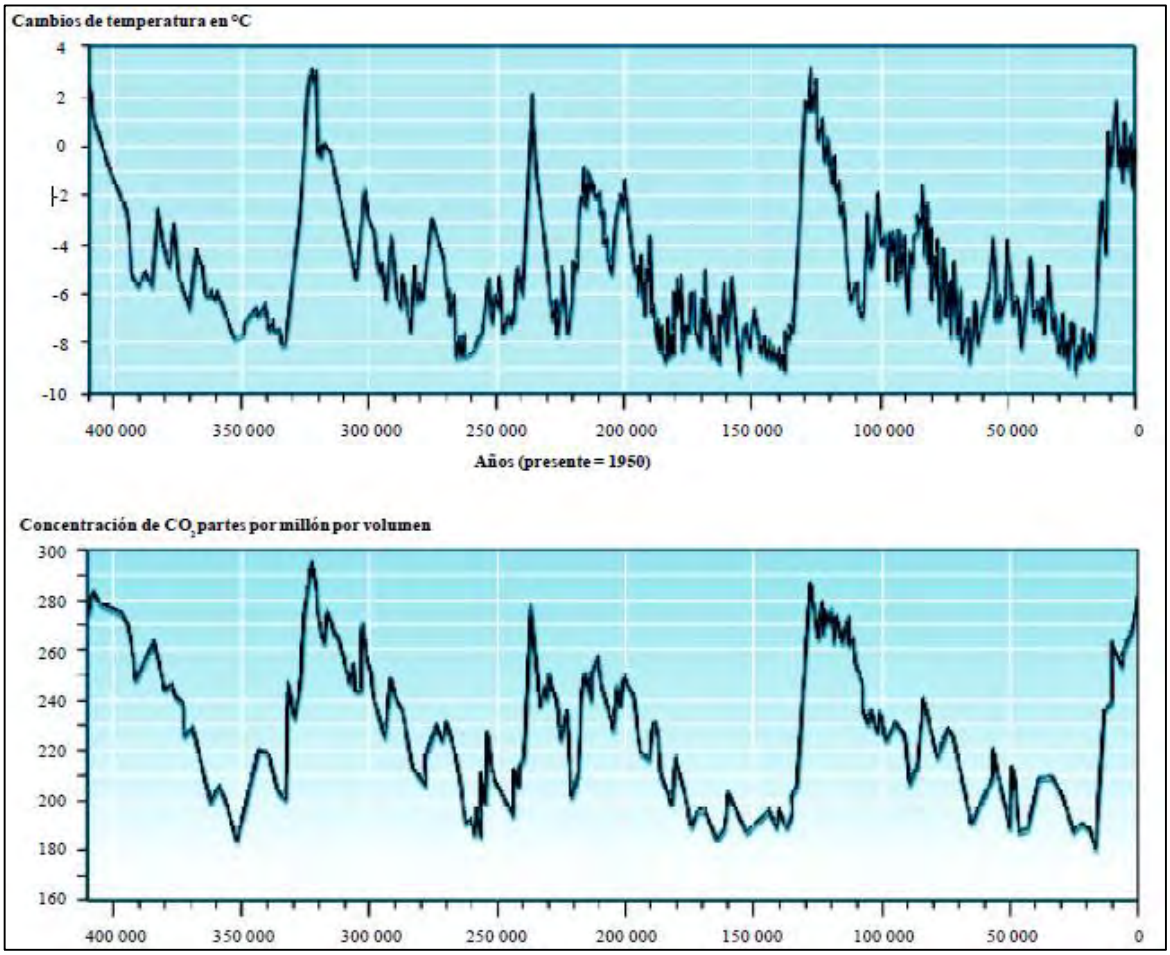


Figura 20. Temperatura y concentración del CO_2 en la atmosfera durante los últimos 400,000 años. (Del núcleo de hielo de Vostok) (INEGI, 2010).

[2] UNEP-GRID ARENDAL. "Vital climate graphics", en: *Introduction to climate change: temperature and CO_2 concentration in the atmosphere Over the past 400 000 years.* UNEP-GRID ARENDAL. www.climateark.org/vital/02.htm.

Según la información científica disponible[3], de 1750 a la fecha la concentración de gases de invernadero en la atmósfera ha aumentado en su mayor parte como resultado de la actividad humana (quema de combustibles fósiles, como: carbón, petróleo y gas; deforestación y actividades agrícolas, etc.). La concentración atmosférica del bióxido de carbono se ha incrementado desde entonces en 31.0% (una tasa de incremento sin precedente en 20 mil años), siendo la más alta en los últimos 420 mil años, e incluso, probablemente de los últimos 2 millones de años. En el caso del metano, la concentración atmosférica ha crecido 151.0% en el mismo lapso, mientras que la del óxido nitroso se ha incrementado en 17 por ciento.[4] Asimismo, el promedio de la temperatura superficial global ha aumentado desde 1861. En el siglo XX, el incremento ha sido de entre 4 y 8° C, siendo las últimas dos décadas las más calientes. Asimismo, los 12 años con mayores temperaturas de esos 100 años han ocurrido desde 1983, siendo 1998 el más cálido desde que se tiene registro instrumental (1861) (Figura 21).

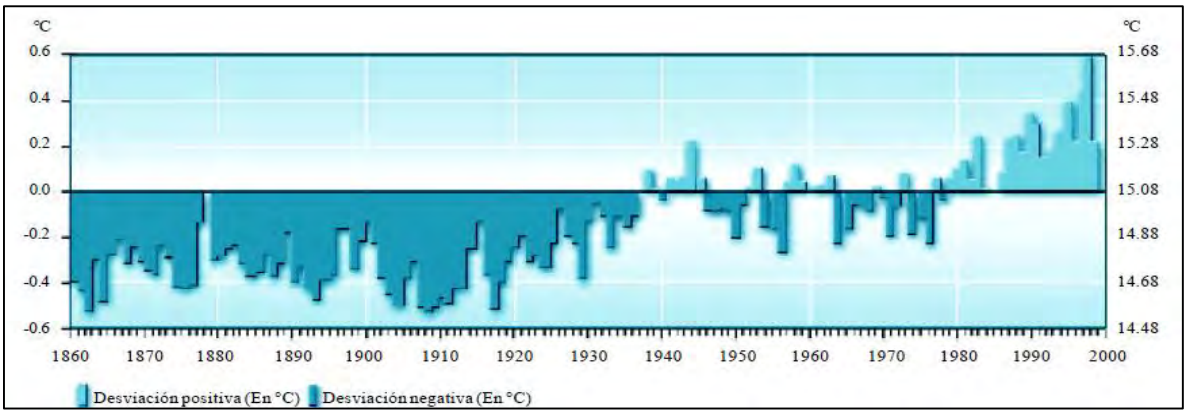


Figura 21. Tendencias de la temperatura superficial global promedio
Fuente: School of environmental sciences, climatic research unit, university of East Angla, Norwich, United Kingdom, 2010

La temperatura superficial de la Tierra fue más alta durante el siglo XX que en cualquier otro de los últimos mil años.[5] Existe, además, evidencia observacional de que el nivel medio del mar está subiendo (de 1900 a 1999 aumentó entre 10 y 20 cm); los glaciares no polares se están reduciendo en todo el mundo; los hielos del Ártico están adelgazando en verano; en eventos de fuerte precipitación está cayendo una mayor proporción de la misma; la incidencia de sucesos climáticos extremos está aumentando en algunas partes del mundo, etc. En el caso de México, la precipitación podría ser más intensa, o por el contrario, reducirse en toda la República –dependiendo del modelo de simulación

[3] El *Tercer informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (2001), que presenta las conclusiones del análisis más objetivo, completo y cuidadoso de la información científica, técnica y económica más relevante, realizado por miles de expertos de todo el mundo.

[4] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Third assessment report-climate change, 2001. The scientific basis: summary for Policymakers. A report of working group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. UNEP-WMO, p. 7. www.ipcc.ch.

[5] Watson Chair, Robert T. "Climate change 2001", en: *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Bonn, Alemania. At the resumed Sixth Conference of Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 19 de Julio de 2001.

usado–; pero en todo caso, las implicaciones de estas diferencias, en términos de la vulnerabilidad, serían negativas.[6] Los estudios se hicieron suponiendo una concentración atmosférica de CO_2 del doble de la que existía antes de la Revolución Industrial (de unas 280 ppmv); como hemos visto, esta situación podría alcanzarse, e incluso, superarse en los próximos 100 años, por lo cual las predicciones del *Estudio de país* pudieran resultar optimistas para lo que se podría observar a finales del siglo. Con base en las proyecciones sobre temperatura y precipitación, la investigación analizó los efectos de estos cambios sobre diferentes áreas de interés para el país. (SEMARNAT, 2013). Los resultados mostraron que la producción de maíz de temporal en México se vería afectada de manera negativa, pues la proporción del territorio nacional no apto para este cultivo –con base en los requerimientos óptimos de temperatura y precipitación– pasaría de 59.6% actual a 75.0 por ciento. Entre 8.4 y 22.0% sería moderadamente apta y sólo entre 2.5 y 15.9% sería apta.[7] El incremento en las áreas no aptas se debería en gran medida a la pérdida de superficie de aptitud media, mientras que la ganancia en superficies aptas en el centro del país sería causada por el aumento de la temperatura mínima en tierras altas como Atlacomulco. Los estudios enfocados a determinar las posibles alteraciones en los tipos de vegetación debido al cambio climático mostraron que 50.0% de la vegetación del país tendría modificaciones, siendo los ecosistemas forestales pertenecientes a los climas templados los más afectados. La Tabla 2 muestra los posibles cambios de cobertura vegetal obtenidos con tres modelos diferentes.[8]

Tipo de clima (Koppen, modificado por García)	Tipo de vegetación (Rzedowski)	Actual	Modelo de sensibilidad a/	Modelo CCCM	Modelo GFDL
Cálido húmedo	Bosque tropical perennifolio	5.86	6.40	6.67	7.85
Cálido subhúmedo 2	Bosque tropical subperennifolio	3.67	1.33	1.71	6.35
Cálido subhúmedo 1	Bosque tropical caducifolio y bosque tropical subperennifolio	17.70	20.12	20.20	22.80
Semicálido húmedo	Bosque mesófilo	2.10	0.26	0.54	1.30
Semicálido subhúmedo 2	Bosque tropical subperennifolio y bosque mesófilo	0.38	0.91	0.13	2.02
Semicálido subhúmedo 1	Bosque tropical caducifolio	6.58	4.62	5.02	5.97
Templado húmedo	Bosque de coníferas y quercus	0.56	0.28	0.28	0.28
Templado subhúmedo 2	Bosque de coníferas y quercus	2.67	1.32	1.31	2.12
Templado subhúmedo 1	Bosque de coníferas y quercus	3.13	2.31	2.06	1.52
Semifrío	Bosque de coníferas	2.31	0.00	0.00	0.00
Seco cálido	Bosque espinoso y matorral xerófilo	11.00	19.67	18.10	18.38
Seco semicálido	Matorral xerófilo y bosque espinoso	10.50	11.03	21.96	15.68
Seco templado	Pastizal y matorral xerófilo	11.60	3.97	12.49	10.86
Árido cálido	Matorral xerófilo	6.07	16.88	7.96	4.33
Árido semicálido	Matorral xerófilo	11.37	10.26	1.58	0.51
Árido templado	Pastizal	4.72	0.03	0.00	0.00

Tabla 2. Superficie (%) del país cubierta por cada tipo de clima y vegetación actualmente y en condiciones de cambio climático de acuerdo a los modelos de circulación general CCCM y GDFL (Ruiz, 2009).

[6] *Magaña, Víctor*, *et. al.* "Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México", en: *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Distrito Federal, México, SEMARNAP, UNAM, U.S. Country Studies Program, 2009, pp. 11-17.

[7] Flores, Margarita, *et. al*... "Vulnerabilidad de las zonas potencialmente aptas para maíz de temporal en México ante el cambio climático", en: *México: una..., op. cit.* pp. 109-111.

[8] Villers Ruiz, Lourdes e Irma Trejo Vázquez. "El cambio climático y la vegetación en México", en: *México: una..., op. cit.* p. 69.

Asimismo, el país resultaría muy vulnerable a la modificación climática considerando los procesos de desertificación y sequía meteorológica, en especial al norte y en las zonas más densamente pobladas.[9] Los recursos hidrológicos más inermes serían los de la región central del país, así como los ubicados en la cuenca del Lerma-Chapala-Santiago.[10] En resumen, de acuerdo con los análisis de vulnerabilidad del *Estudio de país*, el cambio climático tendría serias consecuencias para México, exponiéndolo a cuantiosas pérdidas de toda índole.

Durante los últimos 100 años, los países industrializados (que albergan a 20.0% de la población mundial) han sido responsables de alrededor de 63.0% de las emisiones netas de carbono por quema de combustibles fósiles y modificaciones de uso de suelo. Estados Unidos de América y Canadá han contribuido con cerca de 25.0% del total, mientras que Europa ha producido, aproximadamente, 21.0% (Figura 22).

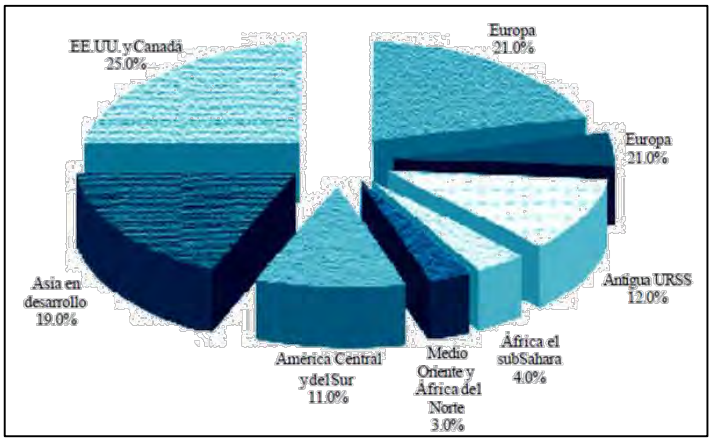


Figura 22. Contribuciones al cambio climático. Porcentaje de las emisiones globales de CO_2 acumuladas entre 1990 y 1999 por fuentes industriales y cambios de uso de suelo

Fuente: Baumert, Kevin A. y Nancy Kete. "The U.S., developing countries, and climate protection: leadership or stalemate?", en: Climate issue brief. Washington, D.C., EE.UU., World Resources Institute, 2012, p. 1.

La solución debe conformarse con base en un esfuerzo global, pero considerando las capacidades y responsabilidad histórica de cada país. Idealmente, las naciones desarrolladas deberían asumir el liderazgo en la mitigación de emisiones y apoyar a las menos desarrolladas –que son más vulnerables para proteger a sus generaciones futuras y cuidarse de los efectos del cambio climático, si no obligados por un compromiso legal, movidos, al menos, por consideraciones éticas (SEMARNAT, 2013).

[9] Hernández Cerda, María Engracia, *et. al*. "Sequía meteorológica", en: *México: una..., op. cit*., p. 37.

[10] Maderey R, Laura Elena y Arturo Jiménez R. "Los recursos hidrológicos del centro de México ante un cambio climático global", en*: México: una..., op. cit*., pp. 58-60.

3.2 REPERCUSIÓN DE LA ARQUITECTURA EN EL MEDIO AMBIENTE

La protección del medioambiente y su conservación ha ido adquiriendo una importancia creciente durante las últimas décadas, hasta convertirse en un objetivo esencial en la política comunitaria, aumentando el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor y reducir los impactos medioambientales que causan lo diferentes productos. El sector de la construcción no ha quedado, ni puede quedar, al margen creciente interés por la reducción de los impactos medioambientales, puesto que, hoy por hoy, la construcción es responsable de, aproximadamente, el 40 % de los impactos negativos que se causan al medio ambiente (Rubio, 2011).

El impacto ambiental producido por la industria de la Construcción a la luz de la Revolución Industrial constituye la deuda aún pendiente que han de afrontar las sociedades industrializadas con vistas a este nuevo milenio; lo cierto es que la Revolución Industrial supone un gran cambio en las técnicas empleadas en la producción de los materiales de construcción, dado que hasta entonces, los materiales eran naturales, propios de la biosfera, procedentes del entorno inmediato, de fabricación simple y adaptados a las condiciones climáticas del territorio donde se llevaba a cabo la edificación (Figura 23).

El resultado de este cambio se traduce, en primer lugar, en un gran aumento de la distancia entre la obtención de materias primas y la ubicación de su elaboración o construcción; en segundo lugar, en el agotamiento de los recursos naturales próximos; y finalmente, en el aumento de la emisión de contaminantes derivados de la industria de la Construcción.

Asimismo, la gran demanda de materiales de construcción a mediados del siglo XX comporta la necesidad de extraer y procesar gran cantidad de materias primas, elaborar nuevos materiales y el tratamiento de una elevada cantidad de residuos de construcción y demolición, con el coste energético que ello representa (Cabello, s.f.) (Figura 24).

Figura 23. Arquitectura Vernácula de Binh Duong, en Vietnam
Fuente:http://noticias.arq.com.mx/Detalles/11770.html#.VRoe3_mUeZN

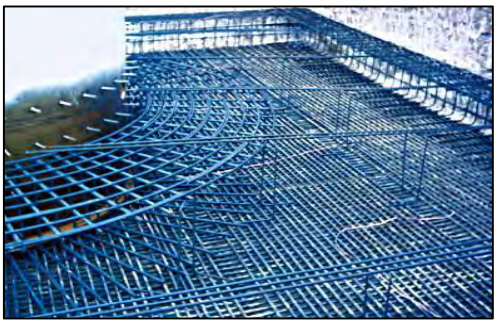


Figura 24. El uso del acero en la construcción
Fuente: http://www.arqhys.com/construccion/aceros-refuerzo-construccion.html

El impacto medioambiental que causa un edificio es, además del causado por el propio uso del edificio, la suma de los perfiles medioambientales de los materiales que forman parte de dicho edificio. Por tanto, no debería considerarse correcto considerar un edificio como “sostenible” si no se conoce el perfil o el impacto ambiental de los materiales que lo componen. Las ventajas medioambientales de un material de construcción redundan en un mejor comportamiento medioambiental y, por ende una inestimable contribución al desarrollo sostenible del planeta.

De acuerdo al informe de sostenibilidad de Wienerberger[11] se presentan los principales parametros medioambientales correspondientes a algunos sistemas constructivos como el ceramico industrial, tomando y considerando util la informacion que se pueda obtener referente a la produccion de otros paises (Tabla 4-7).

Energy consumption[2] *MWh*	2007	2008	2009[3]	2010[4]
Natural gas	8,317,926	7,904,865	5,498,556	6,062,614
Liquid gas	212,075	150,043	61,518	70,591
Heating oil	375,125	200,834	106,947	112,178
Coal	443,098	335,633	126,611	234,629
Electricity	1,060,542	971,062	713,244	800,985
Total	**10,408,766**	**9,562,437**	**6,506,876**	**7,280,997**

Tabla 4. Evaluación del consumo energético global en producción. (Weirnerberger)

Index of specific energy consumption[1]	2007	2008	2009[2]	2010[3]
Wall	100.8	99.6	100.0	101.0
Roof	104.4	106.4	100.0	96.5
Facade & Pavers	88.7	92.8	100.0	95.5
Total (excluding Semmelrock)	**97.2**	**97.9**	**100.0**	**99.0**
Semmelrock			100.0	105.4

Tabla 5. Consumo energético por familia de productos kWh/t. (Weirnerberger)

CO_2 emissions[5] *in tons*	2007[6]	2008[7]	2009	2010[8]
CO_2 emissions from the burning of primary energy sources	1,143,865	1,310,589	820,899	989,576
CO_2 emissions from the production process	1,024,601	979,607	625,986	588,035
CO_2 emissions total – within the ETS[9]	**2,168,466**	**2,290,196**	**1,446,885**	**1,577,611**
CO_2 emissions – plants outside the ETS[10]	**940,765**	**463,129**	**320,069**	**400,356**
CO_2 emissions from biogenic added materials[11]	623,695	388,028	285,150	292,311

Tabla 6. Evolución de las emisiones de CO_2 globales. (Weirnerberger)

Index of specific CO_2 emissions[12]	2007	2008	2009	2010[3]
Wall	108.6	105.9	100.0	99.5
Roof	107.4	106.2	100.0	98.3
Facade & Pavers	100.3	97.7	100.0	98.8
Total (excluding Semmelrock)	**105.9**	**103.3**	**100.0**	**99.2**

Tabla 7. Evolución de emisiones de CO_2 especificas por familia de producto $kgCO_2/t$. (Weirnerberger)

[11] www.wienerberger.com

Los materiales con menor impacto ambiental, para su empleo en la Edificación, deben incorporar criterios de sostenibilidad ambiental, como alta eficiencia energética, durabilidad, recuperabilidad, recursos renovables, empleo de tecnología limpia y valorización de residuos. Si bien no existe una metodología aceptada universalmente que cuantifique los múltiples y variados criterios existentes, cabe la posibilidad del empleo de otra metodología como la del Análisis del Ciclo de Vida. Cierto es que esta metodología es costosa, pero constituye la herramienta más fidedigna para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto o actividad. Por ello, resulta necesaria la colaboración entre las Administraciones y el sector de la industria de la Construcción en aras a elaborar un Inventario de Ciclo de Vida (Cabello, s.f.).

Al hilo de la gestión estos residuos, resulta necesaria la elaboración de normas que exijan en todos los proyectos de obras la incorporación de materiales reciclables procedentes de plantas de tratamiento instaladas al efecto. Por ello, se hace imprescindible potenciar, simultáneamente, un mercado de materiales adecuado que supere los inconvenientes que supone, de un lado la baja aceptación de los productos reciclados (Figura 25), y de otro el precio final del producto o material reciclado, superior al de los materiales elaborados con materias primas.

Figura 25. Uso de botellas de vidrio en sus muros
Fuente: http://es.paperblog.com/cabana-de-botellas-de-vidrio-y-plastico-2706651/

3.3 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL A NIVEL GLOBAL

De acuerdo a la revisión estadística de la energía mundial 2014 publicada en agosto del mismo año (STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 2014)[12], se puede destacar de dicho informe actualizado los siguientes aspectos:

*El crecimiento económico mundial se ha ido suavizando desde 2010, el año de los grandes estímulos económicos. El año pasado alcanzó el 3%, algo menos que en 2012, y muy por debajo de la media de los últimos diez años (3,7% anual), que ahora incluye los años de bonanza y recesión de antes y después de la crisis económica. Los resultados económicos empeoraron tanto en los países miembros de la OCDE

[12] British Petroleum 2014. bp.com/statisticalreview

como en los no miembros, pero la «brecha de crecimiento» económico entre ellos se ha reducido desde la crisis. El consumo de energía fue acorde con el crecimiento económico, pero con un giro.

*El consumo mundial de energía primaria se aceleró del 1,8% al 2,3%, solo un poco por debajo de la media de los últimos diez años (2,5% anual) y pese al menor crecimiento económico. Los resultados fueron distintos dependiendo del subgrupo. La demanda de energía dentro de la OCDE aumentó un 1,2%, lo cual compensó la caída similar del año anterior, pese a los reducidos y mediocres resultados económicos, casi a la par con el crecimiento del PIB (1,3%). En contraste, el consumo de energía fuera de la OCDE solo creció un 3,1%, la tasa más baja de los últimos 13 años si exceptuamos el año 2009 con su crisis, y muy por debajo del crecimiento del PIB (4,8%).

*Norteamérica, la única región del mundo que experimentó un crecimiento por encima de la media, impulsó la aceleración de la OCDE, con una demanda de energía que creció incluso con mayor rapidez que el PIB. La ralentización de los países no miembros de la OCDE se concentró en Asia, con un crecimiento del consumo de energía por debajo del 4% únicamente por segunda vez en 12 años, si bien el crecimiento económico se mantuvo estable (5,2%).

*Las experiencias contrapuestas de Norteamérica y Asia Pacífico reflejan las distintas situaciones de los mayores consumidores de energía del mundo: China y EE.UU. Juntos representan más del 70% del crecimiento mundial del consumo de energía. En 2013, el crecimiento chino del consumo de energía pasó del 7,0% al 4,7%, muy por debajo de su tendencia de los últimos diez años (8,6% anual), aunque la República Popular China reportó un crecimiento económico del 7,7%. La ralentización del crecimiento chino se concentró en el carbón, pero también es visible en el petróleo. Entretanto, el consumo de energía primaria creció un 2,9% en EE.UU., recuperándose así de la caída del 2,8% en 2012. Buena parte de esto se debió a la meteorología; pero al margen de la climatología, subyacen señales de fortaleza en el uso de energía por parte del sector industrial de EE.UU., en concreto de productos petrolíferos.

PETRÓLEO

*Durante los últimos tres años, los precios del petróleo han sido altos pero han permanecido estables. En 2013, cayeron ligeramente alcanzando el barril de Brent una media de casi 109 USD (108,66 USD), 3 USD por debajo de la media de 2011 y 2012. Este ha sido el tercer año consecutivo de precios por encima de los 100 USD, el primero en términos reales y nominales, y ha sido el periodo de tres años con la más baja volatilidad de precios desde 1970.

*La estabilidad de los precios del petróleo revela cambios significativos en el equilibrio subyacente entre consumo y producción. En 2013, el crecimiento mundial del consumo superó al crecimiento de la

producción por un amplio margen (justo lo contrario a la dinámica de 2012). En consecuencia, los inventarios descendieron.

*Y 2013 fue de nuevo otro año de turbulencias en la producción de petróleo. Todos estamos al corriente de la historia del rápido crecimiento en EE.UU. No obstante, también fue otro año de importantes interrupciones del suministro, sobre todo en el norte de África y en Oriente Medio (Figura 26).

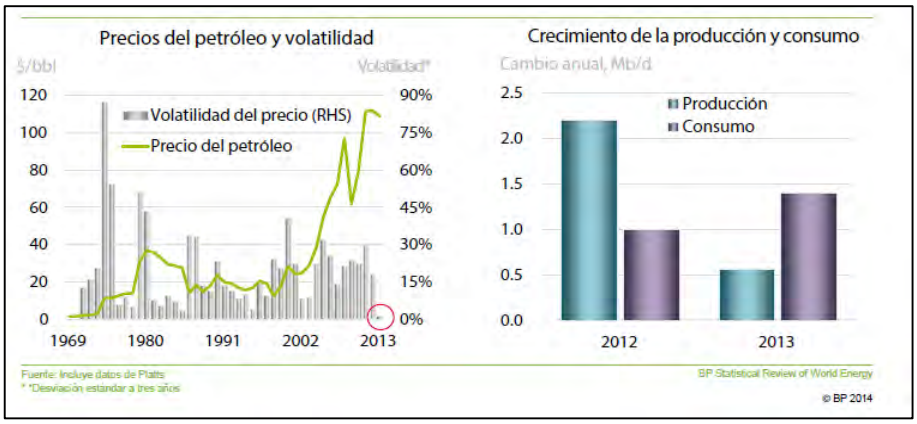


Figura 26. Mercado del petróleo (BP 2014)

GAS NATURAL

*Los mercados del gas natural están transformándose lentamente gracias a dos acontecimientos: la «revolución» del gas de esquisto en EE.UU. y la creciente integración de los hasta ahora segmentados mercados regionales, con el apoyo de la rápida expansión del gas natural licuado (GNL).

*En 2013, estas fuerzas se tomaron un respiro: el crecimiento de la producción de gas de esquisto se moderó en EE.UU., y la expansión del GNL fue muy modesta.

*A nivel mundial, el crecimiento del consumo (1,4%), la producción (1,1%) y el comercio (1,8%) se ralentizaron. Las diferencias de precios regionales se redujeron. Como en todos los demás combustibles fósiles, la caída del crecimiento de la demanda fue más acusada en los países en desarrollo. El gas natural fue el único combustible en el que el crecimiento del consumo fue superior en los países miembros de la OCDE que en los no miembros. Al igual que con el petróleo, si se investiga el motor del crecimiento de los países de la OCDE, terminamos en EE.UU. Al contrario que con el petróleo, China no fue responsable del débil crecimiento en los países no miembros de la OCDE.

Los precios del gas en EE.UU. descendieron a su nivel más bajo en 13 años en 2012 y comenzaron a recuperarse tras un invierno frío a principios de 2013. Ese año subieron un 34,5% de media, compensando casi en su totalidad la caída de 2012. Sin embargo, debido al persistentemente elevado

diferencial de precios entre el petróleo y el gas, esto no fue suficiente para acelerar el crecimiento de la producción. Siguió resultando más atractivo continuar desviando las torres perforadoras del gas de esquisto a la producción de petróleo de formaciones compactas. Casi todo el crecimiento de la producción de gas durante el año pasado procedió del gas asociado y de esquisto húmedo (Figura 27).

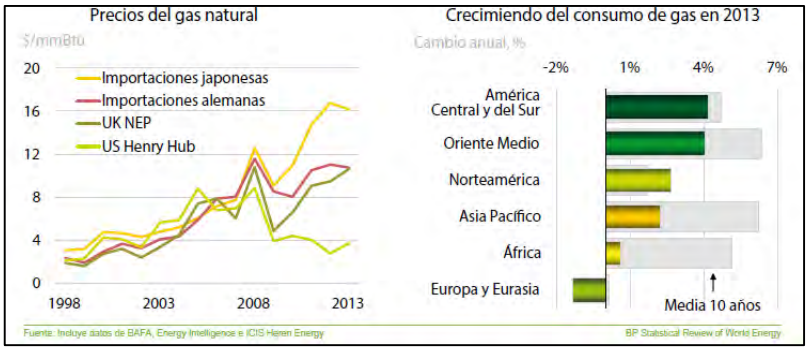


Figura 27. Mercados mundiales del gas natural (BP 2014)

*El crecimiento del consumo superó la media de la última década en América central y del sur, África y Norteamérica, donde EE.UU. (+4,1%) registró el mayor incremento del mundo. En Asia, China (+9,9%) y Japón (+10,3%) fueron quienes experimentaron los siguientes mayores aumentos del crecimiento. A nivel global, el gas natural supuso el 23,9 % del consumo de energía primaria.

*El comercio mundial de gas natural licuado se redujo por primera vez desde que hay registros (-0,9 %), mientras que el comercio por gasoducto creció débilmente (+0,5%) (Figura 28 y 29).

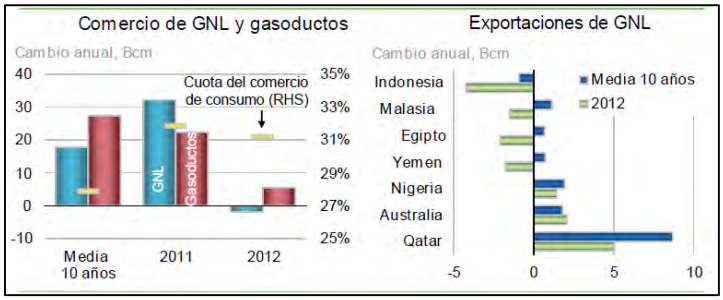


Figura 28 y 29. Consumo y exportaciones de gas natural (BP 2014)

OTROS COMBUSTIBLES

Las renovables crecieron en todas las regiones y en casi todos los países. Como bloque, la UE aún adelanta a EE.UU. y China, tanto en incremento anual como en la cuota de las renovables en la generación eléctrica. El 15% de la electricidad de la UE es en la actualidad de origen renovable. Al mismo tiempo, sin embargo, la tasa de crecimiento de la UE se ha reducido del 20,6% en 2011 al 18,0% en 2012 y al 13,5% el año pasado, dejando el aumento de volumen de 2013 por debajo de los que se

experimentaron en 2011 y 2012. No es casualidad que esta desaceleración afecte más a la región donde las tasas de implantación –y por tanto de subsidios– son las más elevadas.

El resultado neto es que las emisiones de carbono continúan aumentando con peligrosa rapidez –limitadas por la mayor eficiencia energética, pero sin que les afecten los cambios en el mix mundial de combustibles–. En EE.UU., por ejemplo, gran parte del fuerte descenso de las emisiones registrado en 2012 se invirtió el año pasado, cuando el sector eléctrico abandonó el gas a favor del carbón. A partir de las dimensiones del sistema es fácil comprobar cómo incluso los pequeños cambios del carbón hacia el gas podrían tener importantes consecuencias sobre el crecimiento mundial de las emisiones (Figura 30).

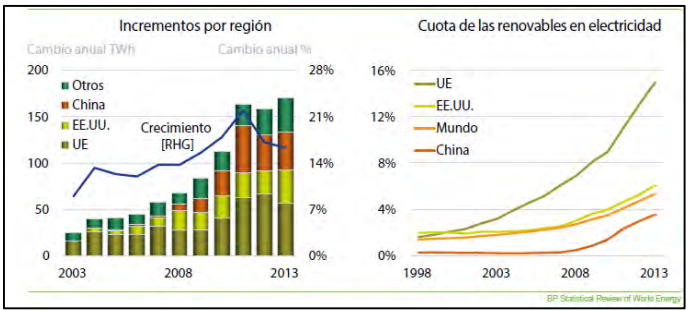


Figura 30. Energías renovables en la generación eléctrica (BP 2014)

3.3.1 ENERGÍA PRIMARIA Y SU CONSUMO

El consumo de energía primaria del mundo creció en 1.8% en 2013, muy por debajo de la media del 2,6% de los últimos diez años (Figura 31). El crecimiento fue inferior a la media en todas las regiones excepto en África. El petróleo sigue siendo el combustible más importante del mundo, que representan el 33,1% del consumo mundial de energía, pero esta cifra es la parte más baja de la historia y el petróleo ha perdido cuota de mercado durante 13 años consecutivos. La generación hidráulica y otras energías renovables en la generación de energía tanto en acciones precedentes alcanzados de consumo mundial de energía primaria (6,7% y 1,9%, respectivamente).

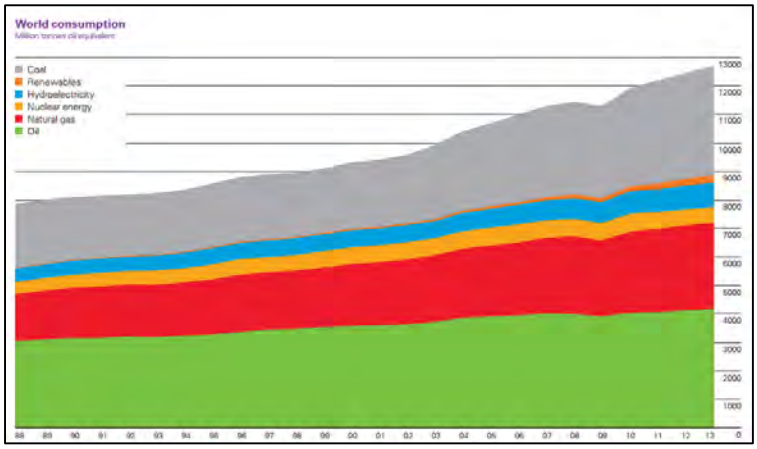


Figura 31. Energía primaria y su consumo en el mundo (BP 2014)

3.3.2 PRINCIPALES PAÍSES CONSUMIDORES DE ENERGIA

A continuación se muestran tres indicadores para algunos de los países y para las distintas regiones mundiales (Figura 32). En el eje horizontal se presenta la relación de producción y oferta interna bruta y en el eje vertical se indica el PIB per cápita, mientras que el diámetro de los círculos muestra la intensidad energética (SENER, 2013).

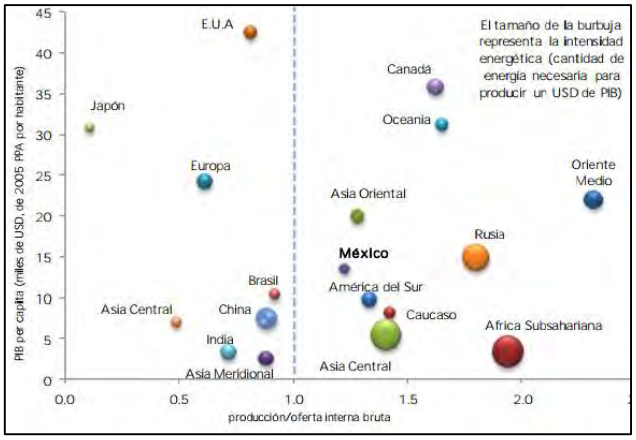


Figura 32. Indicadores energéticos a nivel mundial 2013 (SENER, 2013)

En la tabla 8 se puede observar de manera rápida la distribución porcentual en el uso de los diferentes combustibles y fuentes de energía para la generación de energía eléctrica en algunos países de interés (Agency, 2012).

PAÍS	CARBÓN %	PETROLÍFEROS %	GAS NATURAL %	ENERGÍA NUCLEAR %	ENERGÍAS RENOVABLES %
E.U	55	2	15	25	3
México	12	22	46	4	16
Canadá	29	4	5	25	37
Alemania	55	1	3	28	13
Francia	5	1	0.5	81.5	12
Reino Unido	42	0.5	32	20.5	5
Japón	28	17	20	30	5
China	89	1.5	1.0	2.0	6.5
Brasil	8	8	4.5	4.5	75
Kazajstán	/	6	/	/	94

Tabla 8. Utilización Mundial de combustibles para generación de electricidad (Agency, 2012)

En cuanto a la energía eólica al cierre de 2012 se tenían instalados 121,188 MW de capacidad eólica alrededor del mundo, de los cuales destaca en primer lugar EUA con 25,170 MW (20.8%), Alemania con 23,903 MW (19.7%), España con 16,740 MW (13.8%), luego China 12,210 MW (10.1%), India 9,587 MW (7.9%), Italia con 3,736 MW (3.1%), entre otros. México ocupa la posición 29 con 85 MW (0.1%) (Tabla 9). La energía eólica es, en la actualidad, una energía limpia y también la menos costosa de producir, lo que explica el fuerte entusiasmo por esta tecnología. La energía geotérmica no se queda atrás, hoy en

día la producción eléctrica usando energía geotérmica está funcionando en 24 países, 5 de los cuales la usan para producir el 15 % o más del total de su electricidad. Durante la primera mitad de 2010, el mundo instaló alrededor de 10,000 MW. Al cierre de 2012 México ocupó la cuarta posición, con 958 MW brutos, precedido por EUA con 2,500 MW, Filipinas con 1,980 MW e Indonesia con 1,191 MW representando 9.6%, 25.1%, 19.9% y 12.0% del total mundial, respectivamente (tabla 9 y 10) (Agency, 2012).

PAíS	PARTICIPACIÓN MW
E.U	2,500
Filipinas	1,980
Indonesia	1,191
México	958
Italia	843
Japón	600
Nueva Zelanda	535
Islandia	485
Costa Rica	204
El Salvador	163
Kenia	130
Resto Del Mundo	355
TOTAL	9,944

Tabla 9. Capacidad geotérmica instalada nivel mundial (Agency, 2012)

PAÍS	MW
1.- Estados Unidos	25,170
2.- Alemania	23,903
3.- España	16,740
4.- China	12,210
5.- India	9,587
6.- Italia	3,736
7.- Francia	3,404
8.- Reino Unido	3,288
9.- Dinamarca	3,160
10.-Portugal	2,862
29.-México	85
Resto del Mundo	17,043
TOTAL	121,188 MW

Tabla 10. Capacidad Eólica instalada nivel mundial (Agency, 2012)

3.4 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL EN MÉXICO

En 2013 la intensidad energética, es decir, la cantidad de energía requerida para producir un peso de Producto Interno Bruto (PIB), fue de 671.26 kJ por peso de PIB producido. Esto implicó un ligero incremento de 1.2 % respecto a 2012 (Figura 33). De 2012 a 2013, el PIB creció 1.1%, mientras que el consumo nacional de energía incrementó 2.3%. Dicho incremento en el consumo de energía se debió principalmente a un mayor requerimiento de energía en las actividades de transformación (8.7%), lo cual a su vez, estuvo asociado a la mayor generación de electricidad, necesaria para cubrir la incorporación de nuevos usuarios que se conectaron al servicio público de energía eléctrica (SENER, 2013).

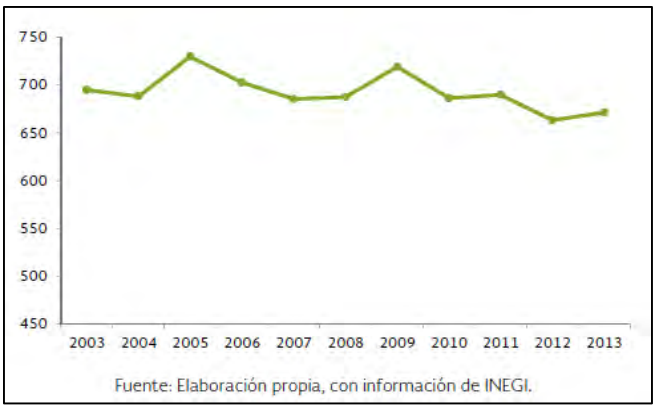


Figura 33. Intensidad energética (KJ/$ de PIB producido) (SENER, 2013)

Durante el periodo 2003 a 2013, el coeficiente de correlación lineal entre el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.9. Esto implica que cuando el PIB incrementa, también lo hace el consumo de energía. No obstante, la relación no siempre se mantiene cuando el PIB disminuye. Esto se debe a que durante la desaceleración de la economía, las centrales eléctricas y muchas de las plantas de producción industrial necesitan permanecer encendidas, lo que impide que el consumo energético decaiga a la par de la actividad económica. En la Figura 34 se presenta la relación que existe entre el PIB y el consumo nacional de energía (SENER, 2013).

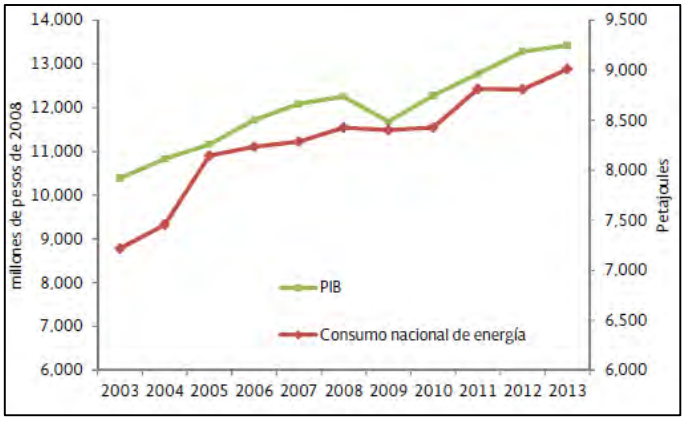


Figura 34. Producto interno bruto vs consumo nacional de energía (SENER, 2013)

De acuerdo a los ingresos del sector público en 2013 los ingresos del sector público provenientes de las actividades petroleras totalizaron 5,997.2 miles de millones de pesos, cifra 18.3% mayor a la registrada en 2012 (Figura 35). Con ello, la participación en los ingresos presupuestarios fue 31.7%, lo que implicó un crecimiento de 6 puntos porcentuales respecto a 2012.Lo anterior se debió, en gran medida, a que el precio de la mezcla mexicana de exportación de petróleo crudo decreció 3.3% respecto a 2012, al ubicarse en 98.46 dólares por barril (SENER, 2013).

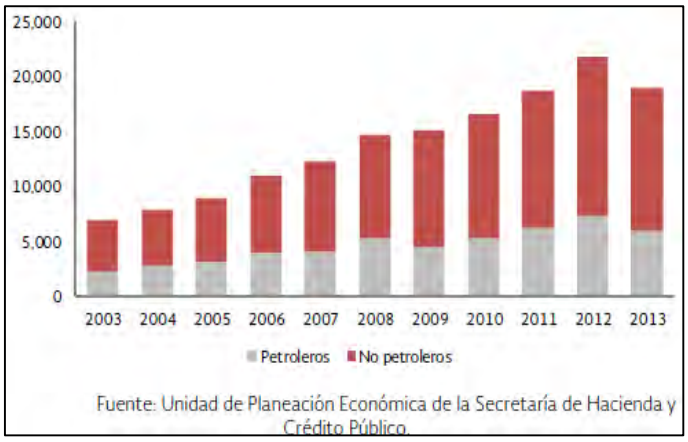


Figura 35. Ingresos del sector público (miles de millones de pesos**) (**SENER, 2013)

3.4.1 CRISIS ENERGÉTICA EN MÉXICO

La industria petrolera mexicana se concentra en una sola institución, PEMEX, que es la única empresa que puede explotar el petróleo en México así como realizar las actividades estratégicas en lo que se refiere a los hidrocarburos, ya que se trata de una empresa que tiene participación en toda la cadena productiva como es la explotación, la refinación de crudo, el procesamiento de gas, petroquímicos básicos y algunos secundarios. En los objetivos de PEMEX se encuentra alcanzar una producción de aceite entre 2.5 y 3 millones de barriles de crudo promedio anual en el periodo 2010-2024, mantener la producción de gas en el rango de 5.7 y 7 mil millones de pies cúbicos diarios promedio anual en el mismo periodo. Alcanzar una tasa de restitución de 100 por ciento de reservas 3P por actividad exploratoria en 2012; obtener una tasa de restitución integrada de reservas probadas en 100 por ciento en 2012 y mantener una relación reserva probada/producción por arriba de 10 años.

Los datos oficiales nos indican que, PEMEX Exploración y Producción (PEP) proyecta incorporar reservas por 1,018 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, 31% menos comparado con el 2008. En el 2010, PEP tendrá que invertir 181,200 millones de pesos en producción y reservas, además de 33,100 millones de pesos en el desarrollo de recueros prospectivos. La inversión de dinero será de 128,200 millones para las Cuencas del Sureste, donde se tiene reservas probadas y posibles por 40,700 millones de petróleo crudo, teniendo la mayor concentración de hidrocarburos (El Economista, 2012).

Según el recién creado la Estrategia Nacional de Energía por el Congreso es necesaria la utilización de las nuevas formas de energías generadas en el planeta. Se necesita cambiar los paradigmas en la planeación del sector por medio de la Estrategia Nacional de Energía con base en tres ejes interrelacionados: seguridad energética, reducción del impacto ambiental y eficiencia económica. Se debe de contar con la participación ciudadana. Los temas a discutir para la estrategia serán la eficiencia energética, los cambios en el consumo, las afectaciones en el medio ambiente entre otros puntos.

En el país se cuenta ya con tres décadas de retraso en innovación tecnológica, retrasando el desarrollo de proyectos, debido a la falta de voluntad política para apoyar a la institución.

Por mucho tiempo la venta dirigida a este mercado ha sido una de las principales fuentes de recursos para México, los cuales no se verán afectados por que los altos precios del petróleo compensaran la disminución de las exportaciones, ya que según informes oficiales se obtendrán ingresos petroleros de aproximadamente 52 mil millones de dólares más que los obtenidos en 2007 razón por la que PEMEX no resentirá el faltante de exportación.

3.4.2 PRODUCCIÓN Y CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA

En 2013 el consumo nacional de energía aumentó 2.3% respecto al año anterior (Tabla 11), al totalizar 9,012.83 PJ[13]. Este flujo es el agregado de la energía que se envía a las distintas actividades o procesos para su utilización. En general, comprende tres divisiones principalmente: consumo del sector energético, recirculaciones y consumo final (SENER, 2013).

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Consumo nacional	**8,809.36**	**9,011.83**	***2.30***	***100***
Consumo sector energético	**2,980.54**	**3,061.34**	***2.71***	***33.97***
Consumo transformación	1,820.39	1,847.05	*1.46*	*20.50*
Consumo propio	972.96	1,029.33	*5.79*	*11.42*
Pérdidas por distribución	187.18	184.97	*-1.18*	*2.05*
Consumo final total	**5,100.35**	**5,132.32**	***0.63***	***56.95***
Consumo no energético	200.05	190.91	*-4.57*	*2.12*
Consumo energético	4,900.30	4,941.41	*0.84*	*54.83*
Recirculaciones y Dif. Est.	**728.48**	**818.16**	***12.31***	***9.08***

Fuente: Sistema de Información Energética, Sener.

Tabla 11. Consumo nacional de energía (Petajoules) (SENER, 2013)

3.4.3 CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTORES

En 2013 el consumo final energético creció 0.8% respecto a 2012. El consumo del sector industrial mostró el mayor incremento y fue 5.9% mayor que el del año anterior. La Figura 36 presenta el consumo final por sectores en 2013.

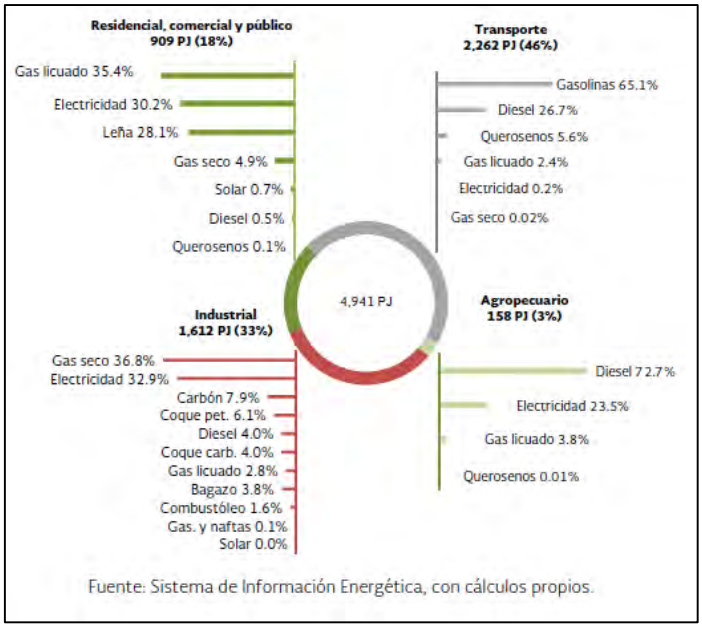


Figura 36. Consumo final energético por sector energético (SENER, 2013)

[13] Para fines del Balance Nacional de Energía, el consumo nacional de energía es igual a la oferta interna bruta total.

El consumo de energía en el **sector agropecuario**, 157.60 PJ, disminuyendo 0.5% en 2013 con respecto a 2012. De los combustibles que se utilizan en este sector, el más importante es el diésel, que representó 70.1% del total de energía consumida.

El consumo de energía en el **sector residencial** disminuyo 2.0% respecto a 2012, totalizando 742.74 PJ. Esto se debió principalmente a la disminución en el consumo de gas licuado de petróleo en los hogares, que pasó de 274.38 PJ en 2012 a 256.96 PJ en 2013.

El consumo de energía en el **sector comercial** aumentó 0.4% respecto a 2012. El Gas LP fue el energético que más se utilizó con 34.6%. La electricidad siguió en orden de importancia con el 25.7%.

Finalmente, el consumo del **sector público,** el cual considera la electricidad utilizada en el alumbrado público, bombeo de agua potable y aguas negras, creció 10.7% en 2013 respecto al año anterior.

El consumo de combustibles en el **sector transporte** totalizó 2,262.28 PJ en 2013, 1.6% menor que en 2012. Durante 2013 se observó un crecimiento importante en el consumo de energéticos en el transporte aéreo, con un incremento de 4.9% respecto a 2012. Por otro lado, se observó un decremento de 12.0% en los movimientos de carga del transporte marítimo.

El **sector industrial** es el segundo mayor consumidor de energía en el país. Durante 2013 alcanzó 32.6% del consumo energético total, mostrando un crecimiento de 5.9% respecto al año anterior, para ubicarse en 1,612.31 PJ (SENER, 2013).

3.4.4 MÉXICO ENTRE LOS 5 PAÍSES CON MAYOR POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR

La radiación solar promedio en México es de cinco kilowatts hora por metro cuadrado (kwh/m2) (Figura 37), por lo que se ubica entre los cinco países con mayor potencial para explotar esta fuente de energía sustentable. Así lo reveló el investigador Enrique Caldera en su ponencia “Panorama Mundial de la Energía”, donde detalló que en primer lugar se encuentra China, luego Singapur, México, Australia e India. Al destacar el potencial de esta energía, el miembro de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) lamentó que a pesar de esta oportunidad que tiene el país, no dedique la atención necesaria para su desarrollo.

Explicó que de acuerdo con una evaluación hecha en México, los techos de las viviendas en el territorio nacional reciben la suficiente energía solar como para producir hasta 200 veces la cantidad que consumen. Sin embargo su aprovechamiento es casi nulo a diferencia de países como Alemania, con una radiación de apenas 3.2 kwh/m2 y que es uno de los líderes en explotación de energía solar, a pesar de que ni siquiera está considerado entre los países con mayores oportunidades para aprovechar esta energía.

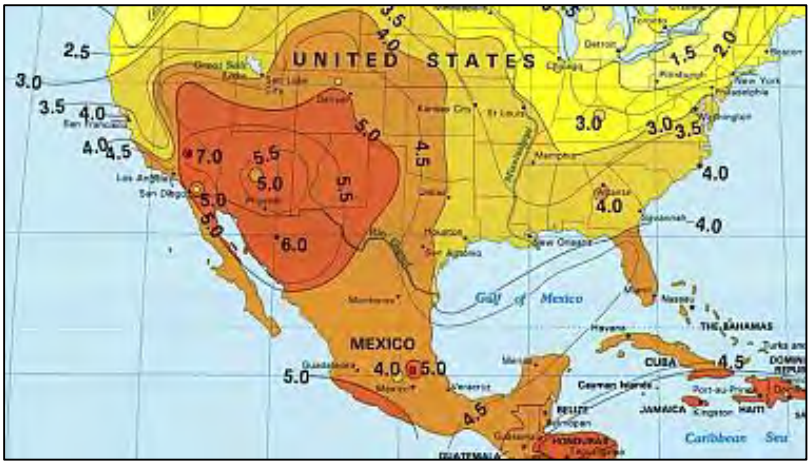


Figura 37. Curvas de isolineas de Radiación global

Fuente: http://www.tecnosolar.com.mx/energia_solar.html

Durante el seminario "Geopolítica de la Energía, Calentamiento Global y Transición Energética" detalló que en realidad la energía solar puede ser aprovechada en dos modalidades, a través de su fuente lumínica con celdas fotovoltaicas y mediante su potencia calorífica a través de sistemas de celdas térmicas. México cuenta con ambos potenciales de manera que ya se llevan a cabo algunos proyectos dentro del programa "Vivienda Verde" del Infonavit y que incluyen el financiamiento de calentadores solares en lugar de los clásicos de gas (Figuras 38 y 39). A pesar de ello, aún existen muchas viviendas ubicadas en zonas muy favorables que ni siquiera prevén explotar ninguna de las dos modalidades de energía solar. Al respecto, el ex-presidente de la ANES, Vicente Estrada, explicó que por lo mismo en México no existe ni siquiera un registro o datos estadísticos que revelen cuánta energía se produce con sistemas solares. Advirtió que parte del problema que ha limitado la explotación de esta fuente energética es la falta de una legislación adecuada que financie y fomente la investigación y el desarrollo de la industria solar en México. En el mundo, comentó, se instalaron el año pasado el equivalente a unos 28 Giga watts en equipos fotovoltaicos, donde Alemania, aunque fue superado por Italia, instaló siete mil Mega watts, es decir, mil veces más de lo que hizo México. Aun así, reconoció que el crecimiento de la tecnología solar en el país se ha dado más por iniciativa de los mismos institutos y los consumidores, que aunque no reciben pago alguno por explotar este recurso, han descubierto que si es rentable a mediano y largo plazo.

Figura 38. Hipoteca verde del INFONAVIT
Fuente: http://comunikha.com/solares/ecotecnologias-infonavit/

Figura 39. Calentadores solares
Fuente: http://www.siesol-calentador-solar.com.mx/Hipoteca_Verde.html

3.5 CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES DEL CONSUMO DE ENERGÍA CONVENCIONAL

De acuerdo a la entrega del informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas para Cambio Climático (IPCC) presentado el 13 de abril de 2014[14]: El cambio climático está causado por la actividad humana y se puede detectar ya en todo el mundo: Nuestros niveles de emisiones ya han calentado significativamente la atmósfera y los océanos, han derretido los glaciares, aumentado el nivel medio del mar, cambiado los ciclos del agua y aumentado la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos.

Hay signos preocupantes de aceleración de los impactos: En la última década la capa superficial de hielo de Groenlandia se derritió seis veces más rápido que en la década anterior[15] y la de la Antártida cinco veces más rápido. Cuantos más combustibles fósiles quememos y más deforestemos peores serán las consecuencias: Hay numerosos impactos que, incluso reduciendo las emisiones de forma inmediata, son ya inevitables, por el potencial que tiene la concentración de gases de efecto invernadero actualmente en la atmósfera. Las temperaturas seguirán aumentando, el hielo derritiéndose, el nivel del mar subiendo, el permafrost retirándose y los fenómenos meteorológicos extremos aumentando. Manteniendo el calentamiento global por debajo de 2°C se pueden reducir significativamente los impactos: El IPCC ha evaluado cuatro nuevos escenarios posibles para el futuro, uno que mantiene el calentamiento por debajo de los 2ºC (con un calentamiento medio de alrededor de 1,5ºC para el 2100), uno que es el "business as usual" (si seguimos la tendencia actual y del que podría resultar un aumento de la temperatura alrededor de los 5 ° C para el 2100). ¿Qué significa todo esto en términos de la acción necesaria? Aún es posible evitar un peligroso aumento de la temperatura de 2ºC y es técnica y económicamente viable. Esta es la meta que los gobiernos han acordado en las negociaciones climáticas de Naciones Unidas sin embargo, no es hacia dónde nos conduce la acción política adoptada hasta la fecha. Si seguimos el escenario más optimista evaluado por el IPCC (el llamado escenario RCP2.6) es probable mantener el calentamiento por debajo de los 2ºC y llegar a 2100 con un aumento de temperatura de 1,5 grados por encima de los niveles pre-industriales. El planeta podría estar acercándose a un punto de inflexión más allá del cual sufriría una transformación que no podremos invertir, forzando a ecosistemas enteros a cambiar. Estos puntos de inflexión catapultarán el clima global a un estado nuevo y más frágil y desestabilizarán las capas de hielo polar de Groenlandia y de la Antártida, causando un aumento del nivel del mar de varios metros. Un clima más cálido también provocará un aumento de las emisiones de metano en miles de millones de toneladas, debido al derretimiento del permafrost, así como el aumento de las emisiones de CO_2. (IPCC, 2014)

[14] Disponible en: http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/resultados_clave_IPCC_abril_2014.pdf

[15] "There is high confidence that the mass loss of the Greenland Ice Sheet has accelerated since 1992: the average rate has very likely increased from 34 [–6 to 74] Gt yr–1 over the period 1992–2001 (sea-level equivalent, 0.09 [–0.02 to 0.20] mm yr–1), to 215 [157 to 274] Gt yr–1 over the Period 2002–2011 (0.59 [0.43 to 0.76] mm yr–1)." (TS, page 9)

3.6 CONCLUSIONES PARCIALES

¿Dónde nos deja esto? Tomando la perspectiva a largo plazo, vemos muchos ejemplos de ajuste –algunos muy en sintonía con las tendencias establecidas hace tiempo y camino de impulsarlas con la creación de nuevas perspectivas-. Vemos ejemplos de políticas y cómo cada vez importa más el pensamiento holístico según se van integrando los mercados internacionales. Las reservas y los recursos energéticos no son ilimitados, aunque sean relativamente abundantes. Desde el punto de vista económico son bienes escasos (no son bienes libres, como el agua o el aire) y, por tanto, su uso debe ser racional, evitándose el despilfarro. Esto implica que debe extraerse el máximo aprovechamiento de la energía empleada, evitándose pérdidas innecesarias en la extracción, manipulación y transporte, utilizando técnicas y maquinas eficientes, y para el consumidor final, imponiendo precios disuasorios que penalicen el derroche y la dilapidación. Con ello, sin afectar al nivel de vida, se logrará prolongar el máximo las reservas y los recursos actualmente disponibles, encaminando la transición hacia nuevas energías de forma moderada, evitándose así situaciones traumáticas con elevaciones desmesuradas de los precios, reflejo, en la mayoría de las ocasiones, de escasez relativa.

Es preciso señalar no obstante, que el consumo energético es muy diferente en las sociedades pobres que en las ricas. El 20% de la humanidad consume el 70% de la energía, pudiéndose hablar de un derroche en la actualidad de la misma. Ya que se podría disponer del mismo nivel de vida con un consumo energético un 40% inferior al actual. Los cambios en el clima originan a su vez cambios sobre los ecosistemas. Por ejemplo, muchas plantas pueden reproducirse y crecer con éxito únicamente dentro de un rango específico de temperaturas y responder a determinadas cantidades de lluvia. Los animales también necesitan determinadas gamas de temperatura y precipitación y también dependen de la supervivencia de las especies de las que se alimentan; por lo que debemos de buscar otras fuentes alternativas de energía que no emitan CO_2. Así mismo, debemos dejar de producir gases que sigan dañando a la capa de ozono y perjudicando a nuestro planeta. Es preciso señalar no obstante que en el caso de la República Mexicana la principal fuente de consumo de energía se encuentra en el uso del aire acondicionado principalmente en los climas cálidos y en el caso de la Ciudad de México se presenta en el uso de sistemas de iluminación artificial así como en el uso de electrodomésticos caseros (Maqueda Zamora & Sánzhez, 2008, p. 5) no obstante en los tiempos actuales es importante conservar el medio ambiente a través del uso racional de la energía, por medio de programas de normalización de eficiencia energética, normatividad consciente de todos los casos de aplicación, incentivos económicos y distintos mecanismos que apoyen la administración de la demanda, que es lo que se abordara en el siguiente capítulo analizando la normatividad en iluminación a nivel nacional e internacional. Las conclusiones no son nuevas, pero ello no les resta importancia, la energía nos preocupa a todos.

CAPÍTULO 4

LA ILUMINACIÓN NATURAL EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

"La arquitectura es la ordenación de la luz; la escultura es el juego de la luz"

ANTONIO GAUDÍ

Durante mucho tiempo, la luz del día era la única fuente eficiente de luz disponible. La arquitectura se vio regida por analizar a fondo como lograr una buena distribución de la luz dentro de las edificaciones de una manera adecuada como se vio en capítulos pasados. Pero esto cambio con el avance de la tecnología en la generación de fuentes artificiales de luz y la integración de materiales como el vidrio y el acero desde épocas del Art Nouveau en las fachadas, estos cambios liberaron en gran medida estas limitantes dentro de los esquemas constructivos de la arquitectura en tiempos posteriores. La aplicación de sistemas avanzados de iluminación de luz natural en el proceso de diseño global de un proyecto es otro gran paso dentro del diseño arquitectónico, sistemas amigables que puedan controlar fácilmente, lo que conlleva a un ahorro del consumo de energía en los edificios y que los usuarios los acepten (Figura 40) (Ramirez & Arias, 2004).

Así mismo, la cantidad y la calidad de la luz que recibe el ojo humano tiene una influencia directa en la manera como se ven las cosas; los grandes arquitectos, incluyendo los diseñadores del Partenón en Grecia, de los emplazamientos arqueológicos aztecas, los constructores de las catedrales góticas en Paris, así como los arquitectos del presente siglo, han comprendido el impacto que tiene la luz natural y su importancia al desarrollar los ambientes adecuados para el hombre como se vio en capítulos anteriores. Si bien la luz natural y la artificial tienen sus características individuales y diferentes atributos cualitativos, la luz en general puede ser utilizada por la arquitectura tanto para crear efectos agradables como para proporcionar espacios lumínica-mente adecuados a la tarea visual específica que se vaya a desarrollar (Figura 41). Lo mismo que emplea el tabique, el acero, la piedra y el concreto, la luz no debe emplearse como simple elemento decorativo, sino como parte estructural de la arquitectura.

Figura 40. Pabellón Universitario Erasmus en Rotterdam, Holanda.
Fuente: http://www.archdaily.mx/mx/02-222252/iluminacion-natural-en-pabellon-holandes-paul-de-ruiter

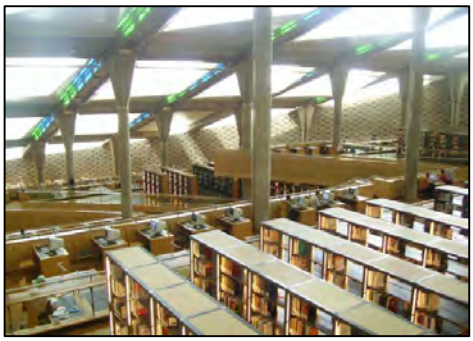


Figura 41. Biblioteca de Alejandría en Egipto
Fuente: http://laluzenarquitectura.blogspot.mx/

La luz es la primera de las condiciones variables que influyen en la arquitectura. La luz es una de las condiciones que rodean a la arquitectura, pero también puede ser utilizada como elemento. La luz solar es el medio dominante a través del cual la gente experimenta la arquitectura; pero la luz, tanto natural como artificial, puede ser manipulada por el diseño para identificar lugares concretos y darles un carácter específico. Si consideramos la arquitectura como escultura, concluiremos que es precisamente la luz la que nos permite verla y apreciar sus formas. Si pensamos en la arquitectura como identificación del lugar, distinguiremos entre lugares claros y lugares oscuros, lugares iluminados por una suave luz uniforme, mientras que otros se caracterizan por una fuerte luminosidad y unas sombras muy marcadas; lugares con luz moteada y otros en los que la luz está cambiando continua pero sutilmente (Morales, 2011).

Es aconsejable que a la hora de proyectar una construcción se tengan en cuenta estos detalles; es posible con un previo análisis predecir la cantidad de luz que ingresará a los ambientes para que esta no se transforme en una desventaja debido al calor por radiación. Una buena orientación nos permitirá reducir el consumo energético, no solo por el ahorro en iluminación sino también al momento de aclimatar la edificación (Ramirez & Arias, 2004).

4.1 LA LUZ

La luz es una radiación que se propaga en forma de ondas. Las ondas que se pueden propagar en el vacío se llaman ondas electromagnéticas, por lo tanto, la luz es una radiación electromagnética. La luz es una forma de energía capaz de provocar cambios en los cuerpos y también es una importante fuente de energía para las plantas, que la utilizan para fabricarse el alimento.

Gracias a ella podemos ver todo aquello que hay a nuestro alrededor. Hay cuerpos que producen y emiten su propia luz. Estos cuerpos reciben el nombre de **fuentes luminosas**. Hay fuentes luminosas **naturales,** que producen luz propia y se encuentran en la naturaleza, como el Sol, el fuego y algunos insectos como las luciérnagas, y fuentes luminosas **artificiales,** fabricadas por las personas, como el foco incandescente, las velas, los tubos fluorescentes, etc. (Brandwein., 2009).

Las características de la propagación de la luz son:

• La luz se propaga en **línea recta.** Por eso la luz deja de verse cuando se interpone un cuerpo entre el recorrido de la luz y la fuente luminosa.

• La luz se propaga en **todas las direcciones**. Esa es la razón por la cual el Sol ilumina todos los planetas del sistema solar.

• La luz se propaga a **gran velocidad**.

4.1.1 LA VISIÓN DEL COLOR. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Llamamos espectro electromagnético a la secuencia de todas las ondas electromagnéticas conocidas, ordenadas según su longitud de onda o su frecuencia. Cada sección del espectro electromagnético (EM) tiene valores característicos de los niveles de energía, longitudes de ondas y frecuencias asociadas con sus fotones (Russell, 2005).

La radiación electromagnética se ordena en un espectro que se extiende desde ondas con frecuencias muy altas (longitudes de onda pequeñas), hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). Los valores del espectro están expresados en nanómetros: 1 nanómetro= 1x 10. La luz que el ojo humano puede ver ocupa una pequeña banda de longitudes de onda de radiación electromagnética que va desde 380 a 780 nanómetros.

El color de la luz depende de la longitud de onda de la radiación que la produce, como la luz blanca que contiene todas las ondas del espectro electromagnético visible (Figura 42) (Russell, 2005).

Figura 42. El espectro electromagnético y sus longitudes de onda.
Fuente: http://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/em_spectrum.html&lang=sp

4.1.2 FUENTES DE LUZ NATURAL

El sol y el cielo son las fuentes de las que se dispone para la iluminación natural. La luz natural llega al interior de un local directa o indirectamente, dispersada por la atmósfera y reflejada por las superficies del ambiente natural o artificial. De la misma manera que una luminaria filtra y distribuye la luz emitida por la lámpara eléctrica que ésta contiene, la luminaria de la luz natural es la envolvente edilicia que admite la luz del sol en el interior de un espacio por transmisión, dispersión o reflexión de la misma (Ramirez & Arias, 2004). Esto incluye el cielo (bóveda celeste) como se verá más adelante, así como al ambiente externo natural o construido por el hombre. Por lo tanto, el tipo de cielo, las superficies de la tierra, plantas y otros edificios son parte de la "**luminaria natural**". Estos elementos pueden hacer variar la iluminación interior de un momento a otro y de un caso a otro. En consecuencia, el sol, el cielo, las obstrucciones naturales (plantas, el terreno, montañas) y las obstrucciones artificiales (edificios, construcciones) contribuyen al grado de variación de iluminación natural de los interiores. Esta variación puede cambiar parcialmente debido al movimiento del sol y los cambios en las nubes y en parte porque el follaje de las plantas y la reflexión del piso cambian con las estaciones del año. De la radiación total que llega a la tierra después de atravesar la atmósfera, sólo la radiación visible (380 a 780nm) (Pattini, 2006) es relevante desde el punto de vista de iluminación natural.

La iluminación natural tiene varias ventajas:

*Proporciona niveles de iluminancia más elevados en horas del día.

*Proviene de una fuente renovable y limpia e implica ahorro de energía.

4.1.3 TIPOS DE CIELO

Si bien la fuente primaria de luz natural es el sol, desde el punto de vista de la iluminación diurna de edificios, la fuente de luz considerada para el cálculo es la bóveda celeste, excluyendo siempre la luz solar directa sobre los planos de trabajo por su gran capacidad lumínica, que genera contrastes excesivos y causa deslumbramiento.

La luz y el cielo son las fuentes de iluminación natural. La luz natural llega al interior de un local directa o indirectamente, dispersada por la atmósfera y reflejada por las superficies del ambiente natural o artificial (Esperilla, s.f.).

Desde el punto de vista de sus características distintivas, el cielo puede ser descrito por su distribución de luminancias, lo que permite su utilización en los cálculos y en el análisis de sus efectos en el interior de un local. Según las características locales de la bóveda celeste y las estrategias de diseño (Pattini, 2006), se emplea la siguiente clasificación (Figura 43):

***Cielo cubierto o cerrado:** definido para climas fríos por la CIBSE (Estandarización Británica) como un cielo cubierto en un 90% por nubes con sol no visible. Otras clasificaciones incluyen en este tipo de cielo cuando la proporción de nubes va desde un 70 a 100%.

***Cielo parcialmente despejado:** con presencia estacional del sol alternada por períodos de nubosidad variable, la iluminancia en una superficie horizontal exterior no obstruida bajo este tipo de cielos, puede variar entre 100.000 lux (sin nubes) y 10.000 lux (con nubes interceptando el sol). Este tipo de cielo es el más difícil de predecir por la enorme variabilidad que puede presentar y por lo tanto no se dispone de un modelo especifico simple.

***Un cielo claro o despejado:** definido por la CIBSE (Estandarización Británica) como un cielo no obstruido por nubes y por la IESNA (Estandarización Norteamericana) como un cielo obstruido en un porcentaje menor al 30%. En todos los casos se trata de una bóveda celeste donde el sol no está obstruido por las nubes. Su relación de luminancias es de 1 en el horizonte a 0,5 en el cenit.

Figura 43. Distribución de luminancias según la CIE

Por lo tanto, cuando el cielo está nublado, el cenit es tres veces más luminoso que el horizonte y en un cielo claro la parte del cielo más brillante es la que se encuentra en el sol y en anillo que lo circula (circunsolar) y la más oscura (azul intenso) es la que se encuentra a 90° del sol; de esta manera, el horizonte puede ser más luminoso que el cenit en condiciones de cielo claro. (Pattini y otros, 1994).

4.1.4 LUZ DIRECTA, INDIRECTA Y DIFUSA

Luz directa

Es la porción de luz natural que incide en un lugar específico proveniente directamente desde el sol. Si en el rayo de luz no hay ningún obstáculo, al punto en la superficie se le considera iluminado. La luz solar directa se caracteriza por: su continuo cambio de dirección, su probabilidad de ocurrencia, la iluminancia que produce en una superficie no obstruida y su temperatura de color.

Luz indirecta

Es la que llega a un espacio producto de la reflexión, generalmente en muros, pisos o plafones. La luz indirecta resulta de la reflexión de la luz en una superficie y en algunos casos puede aprovecharse en sistemas de iluminación natural que dirijan la luz al interior del espacio (Figura 44).

Figura 44. Reflexión en las superficies.
Fuente: http://decoracion.facilisimo.com/luz-indirecta-falso-techo

Luz difusa.

La luz difusa es una luz tenue sin la intensidad ni el resplandor de la luz directa. Es emitida por la bóveda celeste diurna por múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. Tiene aproximadamente la misma intensidad en diferentes direcciones (Figura 45).

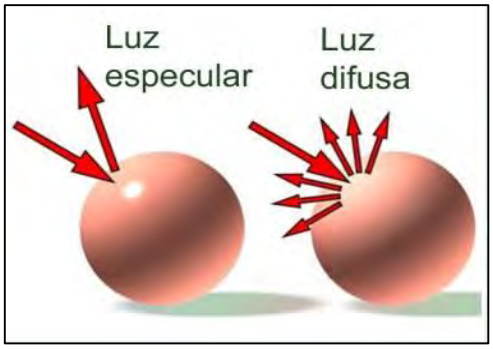


Figura 45. Diferencia entre reflexión en luz
Fuente: http://web.salleurl.edu/~jherrero/Autodesk%20VIZ%204.htm

4.2. PARÁMETROS LUMÍNICOS DE CALIDAD

A continuación se explicaran algunos principios físicos básicos de la luz necesaria para comprender más el fenómeno lumínico en la arquitectura.

4.2.1 CONFORT VISUAL Y LUMÍNICO

El confort lumínico es el grado de satisfacción visual creado por la iluminación. Es la sensación subjetiva que percibe el usuario.

Una iluminación inadecuada puede alterar la percepción espacial y producir tanto desórdenes en el sistema visual del individuo, como desequilibrios en el estado físico del mismo (García de la Navarra & Navarro Belsúe, 2000). Las situaciones más comunes de mala iluminación son:

• **Insuficiente**: Puede causar astenopia, dolor de cabeza y problemas en la visión binocular.

• **Con deslumbramientos**: Puede causar astenopia, cefaleas, problemas binoculares e incluso pos imágenes persistentes que provoquen visión borrosa de forma temporal.

• **Con reflejos.** Puede hacer que no podamos interpretar o realizar de forma correcta parte de nuestra tarea.

Por lo tanto, para conseguir una iluminación adecuada se deben tener en cuenta ciertos factores:

1. Utilizar luz natural pero evitando una visión directa de la misma y si se precisa, iluminación adicional indirecta.

2. En la disposición de las luminarias se deberán evitar deslumbramientos, reflejos, brillos, etc.

3. La intensidad luminosa debe aumentar en proporción directa a la dificultad del trabajo a realizar de acuerdo al género de edificio y el tiempo y la velocidad empleada en realizarlo.

La agudeza visual es una capacidad visual que evoluciona con la edad, y a partir de los 45 años comienza a reducirse. Una persona de 60 años, requiere de una cantidad de luz muy superior a la de una de 30 para realizar la misma tarea visual. De la misma forma, si se está en un local con paredes oscuras, aunque el nivel de iluminación sea el recomendado para esas condiciones, se puede tener la sensación de que “falta luz” para ese tipo de personas

En resumen, en el confort lumínico intervienen tres parámetros fundamentales:

Iluminancia: Cantidad de energía lumínica que incide sobre una superficie. El ojo humano puede apreciar luminancias comprendidas entre 3 y 10,000 lux. Para desarrollar una actividad cómodamente se necesita entre 100 y 1,000 lux.

Deslumbramiento: Gran luminosidad de una porción del campo de visión (fuentes de luz que son mucho más luminosas que el resto del campo visual).

El color de la luz: Reparto de energía en las diferentes longitudes de onda del espectro. Para tener una buena reproducción del color, la luz debe tener energía suficiente en todas ellas. Para llegar a obtener una solución satisfactoria, deben tenerse en cuenta un conjunto de parámetros y variables que definan de una forma conjunta las necesidades visuales, como se explica a continuación.

4.2.2 INTENSIDAD LUMINOSA

Es la capacidad de una fuente de emitir energía luminosa en una dirección determinada. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela (cd). Todos los demás parámetros se derivan de este. Matemáticamente es (Laszlo, s.f.):

$$I_V = \frac{dF}{d\Omega}$$

Ecuación 1. Ecuación de Intensidad Luminosa

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Intensidad_luminosa

Dónde:

Iv es la intensidad luminosa, medida en candelas.

dF es el elemento diferencial del flujo luminoso, en lúmenes.

dΩ es el elemento diferencial de ángulo sólido, en estereorradianes.

4.2.3 LUMINANCIA

Es la medida de la brillantez de una superficie (L), es decir, el brillo de una fuente. Se expresa en cd/m^2 y es la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada (Figura 46) (Laszlo, s.f.) Su fórmula es:

$$L_V = \frac{d^2F}{dS\,d\Omega\cos\theta}$$

Ecuación 2. Ecuación de la Luminancia

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Luminancia

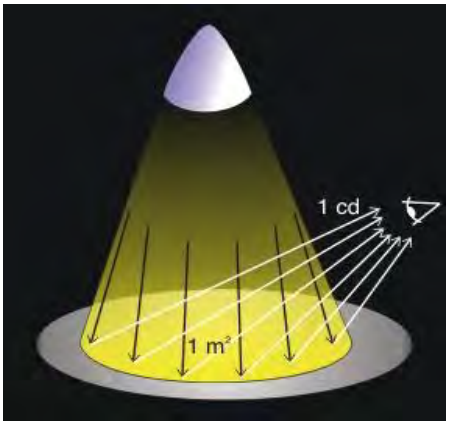


Figura 46. Luminancia cd/m^2

Fuente:http://pt.wikipedia.org/wiki/Lumin%C3%A2ncia

Dónde:

L_V es la luminancia, medida en cd/m².

F es el flujo luminoso, en lúmenes.

dS es el elemento de superficie considerado, en m².

dΩ es el elemento de ángulo sólido, en estereorradianes.

θ es el ángulo entre la normal de la superficie y la dirección considerada.

4.2.4 FLUJO LUMINOSO

Es la cantidad de energía radiante visible (luz) por unidad de tiempo (cd/s) y se mide en lumens. Este parámetro nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente puntual en todas las direcciones del espacio (Laszlo, s.f.).

4.2.5 ILUMINANCIA

En fotometría la iluminancia es la cantidad de flujo luminoso emitido por una fuente de luz que incide, atraviesa o emerge en una superficie por unidad de área, es decir, el flujo que llega a una pequeña superficie entre el área de la misma, en lm/m2, esto equivale al Lux: 1 Lux = 1 Lm/m² (Figura 47) (Laszlo, s.f.). En general, la iluminancia se define según la siguiente expresión:

$$E = \frac{F}{S}$$

Ecuación 3. Ecuación de Iluminancia (lm/m^2 o lx)

Fuente: http://www.monografias.com/trabajos43/fotometria/fotometria2.shtml#luminos

Dónde:

E es la iluminancia, medida en lux.

F es el flujo luminoso, en lm.

S es el área considerada, en m^2

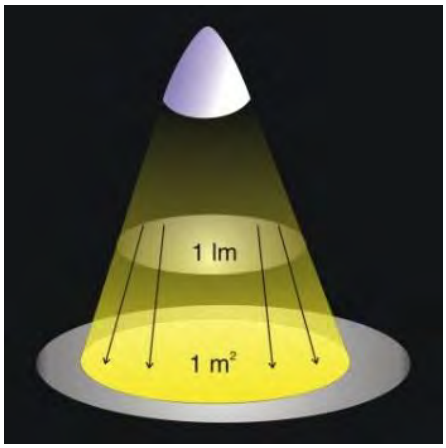


Figura 47. Iluminancia (lm/m^2 ò lx)

Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Emitancia_luminosa

4.2.6 INDICE DE REPRODUCCION CROMÁTICA (IRC)

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores, y el índice de reproducción cromática (IRC) se caracteriza por la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz, es decir, es un sistema internacional que mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores (Laszlo, s.f.).

La medición se realiza con la luz del día como referencia. Es decir, el IRC (Colour Rendering Index o CRI en inglés) de la luz del día es de 100 y se deduce que toda la gama de colores se reproducen perfectamente. Esto nos dice que el color de un objeto iluminado por la luz del sol es, por así de decirlo, el color “real”. Por lo tanto, una fuente de luz tendrá un mayor índice de reproducción cromática (IRC) cuanto más se acerque a ese color original el color de un objeto iluminado por dicha fuente. Cuanto más

cercano a 100 mayor fidelidad al color real, cuanto más lejano más distorsión en la reproducción de colores.

Según la CIE (Comisión Internacional de Iluminación)[16] ha propuesto un sistema de clasificación de las lámparas en cuatro grupos según el valor del IRC.

***1A y B. IRC entre 81y 100:**

Los colores serán reproducidos de forma muy eficiente, este tipo de lámparas que debe utilizarse en aquellos lugares donde una pequeña variación en la tonalidad puede ser importante, ya bien sea por motivos laborales o decorativos, otro factor importante a tener en cuenta es la afluencia de personas en la zona a iluminar. Como industria textil, tiendas, hospitales, hogares, restaurantes, etc.

***2 A y B. IRC entre 61 y 80:**

Ciertos colores pueden parecer a simple vista distorsionados, se deberá emplear en interiores donde no haya permanencia de personas, como escuelas, grandes almacenes, industria de precisión, etc.

***3. IRC menor 60.**

Los colores no se aprecian con claridad, lámparas con IRC <60 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo, donde la discriminación cromática no es demasiado importante.

4.2.7 PROPIEDADES OPTICAS DE MATERIALES

El poder reflectante de las superficies que rodean a un local, juega un papel muy importante en el resultado final del proyecto de iluminación. Las luminarias emiten la luz de diversas formas según su tipo de distribución luminosa. Cuando la energía (G) incide sobre una superficie, una parte de ésta puede ser reflejada por la superficie (R), otra parte será absorbida por la superficie (A) y una parte podrá atravesar dicha superficie (T). Estos son los modos de distribución de la luz en una superficie, quedando claro que en un balance se debe mantener, por lo que en relación a los parámetros:

Reflectancia (R) + Absortancia (A) + Transmitancia (T) = 1

4.2.7.1 REFLECTANCIA

Cuando cierta emisión luminosa es del tipo abierta, habrá una gran parte de la luz que llegará en forma directa al plano de trabajo, es decir sin obstáculos; pero habrá también una porción importante de esa emisión que caerá sobre las paredes. Esa parte de la luz emitida por la luminaria, podrá ser reflejada y

[16] INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION (http://www.cie.co.at/)

aprovechada en mayor o menor grado según el poder reflectante de esas superficies, por lo tanto, es la relación del flujo luminoso reflejado entre el flujo luminoso incidente, como se ve en la siguiente relación: (Tabla 12) (Viqueira, 2011).

$$R = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

Ecuación 4. Ecuación de Reflectancia

Fuente: http://www.fotosimagenes.org/reflectancia

Dónde:

R es la reflectancia en %

I es el flujo luminoso reflejado

I_0 es el flujo luminoso incidente

Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

Tabla 12. Poder reflectante de algunos colores y materiales

Fuente:http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF

4.2.7.2 ABSORTANCIA

Se define como la fracción de energía incidente sobre una superficie absorbida por el cuerpo, es decir, es la relación del flujo luminoso absorbido entre el flujo luminoso incidente. Si la superficie es transparente o traslúcida, parte del flujo luminoso incidente es transmitido a través del material (Viqueira, 2011).

4.2.7.3 TRANSMITANCIA

Es la fracción de la energía incidente que atraviesa la superficie, es decir, es la relación del flujo luminoso transmitido entre el flujo luminoso incidente. (Viqueira, 2011) Este parámetro está relacionado con la cantidad de luz que deja pasar un material específico, si bloquea por completo la luz será un material opaco u oscuro, de lo contrario se lo puede llamar transparente o traslúcido como en el caso de algunos cristales y es necesario aclarar que no existe ningún material absolutamente opaco o transparente al 100%. En la Figura 48 se puede ver un esquema de los diferentes componentes expresados:

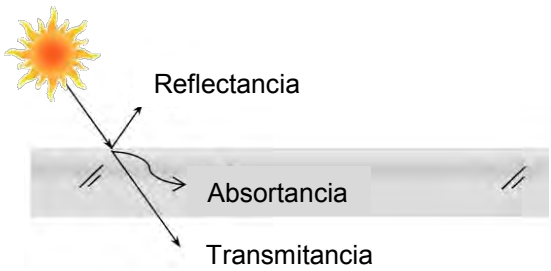


Figura 48. Componentes Reflectancia, Absortancia y Transmitancia Fuente: Propia

4.2.8 LEYES FUNDAMENTALES

Ley cuadrática inversa

La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada. (Laszlo, s.f.), es decir, a mayor distancia menor cantidad de luz (Figura 49).

$$E = \frac{I}{D^2}$$

Ecuación 5. Ecuación en base a la distancia

Fuente: http://www.laszlo.com.ar/manual515355.htm

Dónde:

E es la Iluminación

I es la superficie

D es la distancia

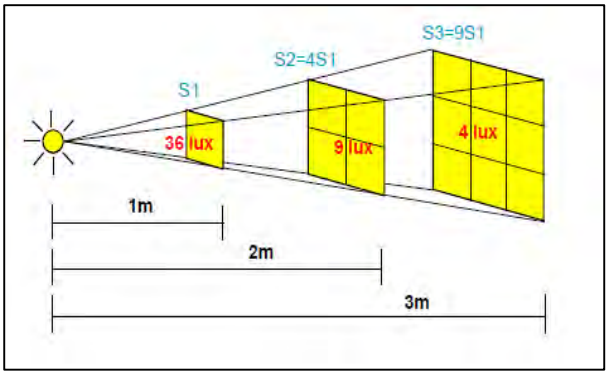


Figura 49. A mayor distancia menos luz

Fuente:http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF

Ley del coseno

La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (Laszlo, s.f.). Este ángulo es el formado por la dirección del rayo incidente y la normal a la superficie en el punto de incidencia P (Figura 50). Esta fórmula también puede expresarse de la siguiente manera:

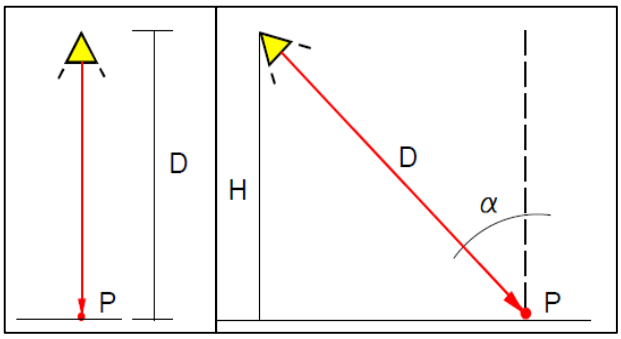


Figura 50. Ley del coseno

Fuente:http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF

$$E = \frac{I}{D^2} \times \cos \alpha$$

Ecuación 6. Ley del coseno

Fuente: http://www.laszlo.com.ar/manual515355.htm

4.2.9 SISTEMAS Y DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ NATURAL

La luz natural es intrínsecamente mejor que cualquier fuente artificial de luz. Con un apropiado diseño, se puede eliminar la luz artificial por una gran cantidad de tiempo del día en los edificios y por consiguiente

se tienen ahorros sustanciales en el consumo de energía eléctrica que alimenta el sistema de iluminación artificial creando un sistema completo de iluminación con retornos de inversión altamente rentables.

Llamamos **sistema de iluminación natural** al conjunto de componentes que en un edificio o construcción se utilizan para iluminar con luz natural. La cantidad, calidad y distribución de la luz interior depende del funcionamiento conjunto de los sistemas de iluminación, de la ubicación de las aberturas y de la superficie de las envolventes (Pattini, 2006) y de todos aquellos factores para lo cual se realiza esta investigación a lo cual se incluirá a detalle en los próximos capítulos.

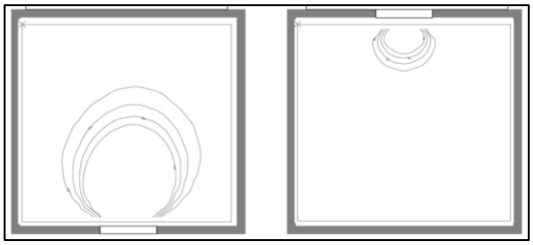
Básicamente son tres los sistemas de iluminación natural utilizados:

1) Iluminación lateral
2) Iluminación cenital
3) Iluminación combinada

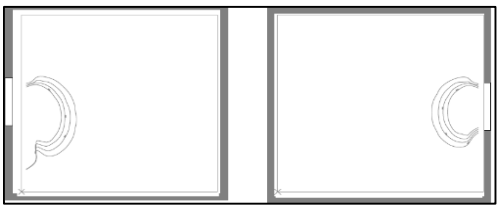
Iluminación lateral

La luz llega desde una abertura ubicada en un muro lateral, y es por eso que la iluminancia del plano de trabajo cercano a la ventana tiene un nivel alto y aporta en forma importante a la iluminación general, como se verá en el estudio experimental. Si nos desplazamos, alejándonos de la ventana, el valor de la iluminación directa decrece rápidamente y la proporción relativa de la componente indirecta (reflejada y difusa) se incrementa (Pattini, 2006)

Sin embargo, como se muestra en la Figura 51, la cantidad y distribución de la luz que ingresa lateralmente a través de una abertura en un muro depende fundamentalmente de la **orientación del muro** donde la misma está emplazada, debido a que en general en nuestras latitudes, las ventanas orientadas al **Norte** no reciben sol (iluminación directa), solo reciben iluminación difusa y reflejada, las orientadas al **Este** solo permiten el ingreso de la radiación directa desde el amanecer hasta el mediodía, las ubicadas hacia el **Oeste** desde el mediodía hasta el atardecer y las emplazadas hacia el **Sur** reciben aporte de iluminación directa en ciertas temporadas del año.



Ventana muro Sur Ventana muro Norte

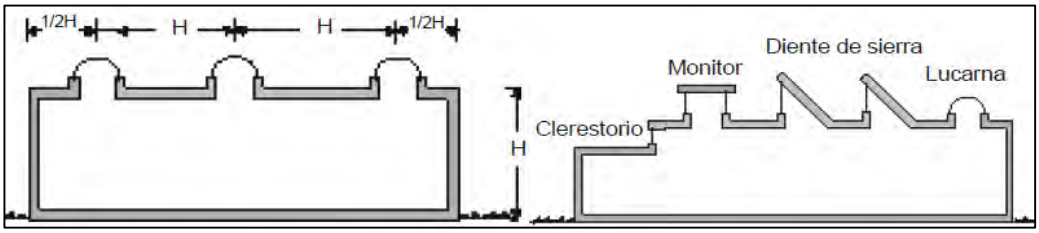


Ventana muro Oeste Ventana muro. Este

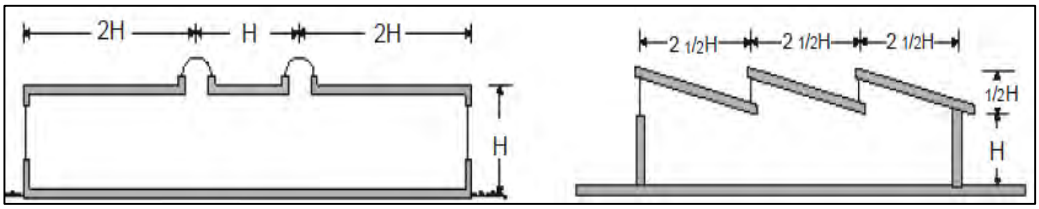
Figura 51. Diferencias entre las curvas de Isolux resultantes en el mismo espacio interior modificando solamente la ubicación de la ventana en los muros Norte, Sur, Oeste y Este.
Fuente: http://www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv/atm/documentos/man_ilu.pdf

Iluminación cenital

Se utiliza generalmente en las localidades generalmente con predominio de cielos nublados. El plano de trabajo y es iluminado directamente desde la parte más luminosa de estos tipo de cielos, el cenit. La proporción de iluminación indirecta generalmente no excede el 25%. En la Figura 52 se indica la distribución de las aberturas según su relación con la altura del local.



Edificios sin ventanas y tipos de dispositivos de iluminación cenital



Edificios con ventanas

Figura 52. Edificios con y sin ventanas, así como tipos de dispositivos de iluminación cenital
Fuente: http://www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv/atm/documentos/man_ilu.pdf

La iluminación cenital termina generando un ambiente particular, útil y estimulante en muchos casos, aunque seguramente limitado en otros. Según Elías Torres[17] "El espacio interior sin aberturas en los muros verticales e iluminado desde lo alto, convierte el exterior en realidad ajena […] las aberturas en la cubierta nos proponen una relación con el exterior abstracta, casi irreal. Su autonomía va acompañada

[17] TORRES TUR, Elías; Luz Cenital. Tesis para optar el grado de Doctor en arquitectura. Director Rafael Serra Florensa, Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, 1993.

de una luz intima, enigmática, secreta, protegida, ajena a la realidad circundante, y a veces algo clandestina".

Existen múltiples dispositivos de iluminación cenital (Figura 53). He aquí unos ejemplos:

Claraboya** (1), **Lucernario** (2), **Teatina** (3), **Farola** (4),Linterna** (5).

Figura 53. Ejemplos de iluminación cenital
Fuente: http://blog.is-arquitectura.es/2010/09/20/avances-sistema-parans-de-iluminacion-natural/

Iluminación combinada

En la iluminación combinada hay aperturas en muros y en techos.

4.2.10 DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes intensas dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador. El deslumbramiento causado por la reflexión en superficies es conocido como deslumbramiento reflejado (Pattini, 2006). La ganancia solar directa en fachadas verticales es un potencial causa de deslumbramiento, para ello se puede controlar con varios sistemas de iluminación entre ellos, con un alero fijo o con sombra vegetal (hasta cierto punto). Para evitar también el deslumbramiento y en consecuencia las molestias visuales, que produce el ingreso del sol directo a través de la ventana (Figura 54), se puede difundir el rayo solar

mediante estantes de luz interiores o difusores que redirijan o difundan la luz solar directa para iluminar (Figura 55).

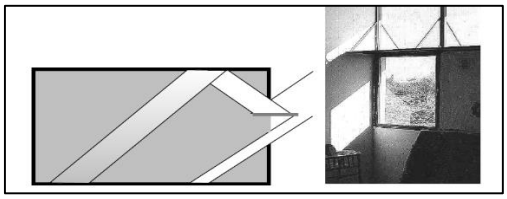


Figura 54. Deslumbramiento directo en ventanas en ventanas
Fuente:http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/GuiasMonitor/Ergonomia/V/Ficheros/ev01.pdf

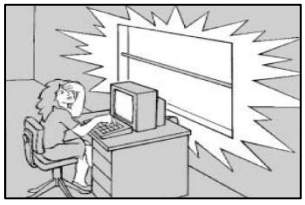


Figura 55. Deslumbramiento directo en ventanas en ventanas
Fuente:http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/GuiasMonitor/Ergonomia/V/Ficheros/ev01.pdf

El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador esta función del tipo de actividad que se realiza en el local, sin embargo la CIE, establece un Angulo de 45º (Figura 56) este sistema tiene clasificada las tareas o actividades en cinco grupos que definen otras tantas clases de calidad las cuales se verán en el siguiente capítulo a mayor detalle.

El deslumbramiento debido a la luz natural (ventanas), no tiene que ser un inconveniente para intentar su máximo aprovechamiento, tanto por el ahorro energético que se puede obtener, como por el beneficio psicológico que aporta el contacto con el entorno. El control de este deslumbramiento se puede lograr mediante la distribución idónea de mesas, pupitres, pizarras, etc., y utilización de sistemas de control solar[18] (Figura 57).

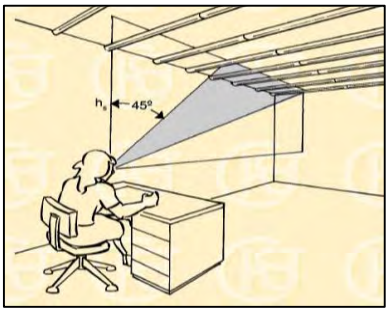


Figura 56. Angulo de deslumbramiento
Fuente:http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/GuiasMonitor/Ergonomia/V/Ficheros/ev01.pdf

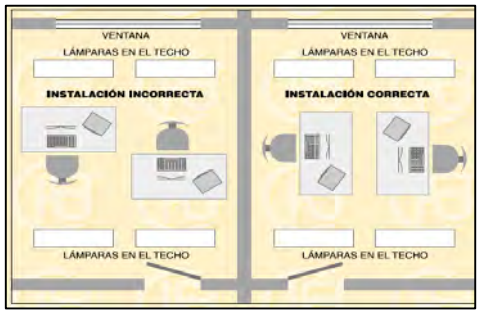


Figura 57. Ubicación de mobiliario
Fuente:http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/GuiasMonitor/Ergonomia/V/Ficheros/ev01.pdf

El deslumbramiento reflejado está influido, en gran manera, por el color y acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador, por lo que es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos lo cual se explicara a mayor detalle en capítulos posteriores. A continuación se presentan ciertos problemas que la luz

[18] Instituto Nacional De Seguridad E Higiene En El Trabajo. http://www.insht.es/portal/site/Insht/

inadecuada puede causar y algunas sugerencias para prevenir estos problemas simplemente aplicando las técnicas de iluminación adecuadas (Laszlo, s.f.).

Deslumbramiento Directo

Es el resultado de la luminancia proveniente directamente de una ventana o luminaria. Puede crear disconfort y fatiga visual como consecuencia del continuo ajuste y reajuste de las pupilas a dos niveles de iluminación muy diferentes (Figura 58).

Figura 58. Deslumbramiento directo

Deslumbramiento Reflejado

Es la luz reflejada por superficies brillantes y que contribuye a un esfuerzo visual y fatiga. Una fuente de luz reflejada en la pantalla de un monitor crea una imagen brillante que dificulta la lectura de los caracteres en dicha pantalla (Figura 59).

Figura 59. Deslumbramiento reflejado

Luminancia de Velo

Es el reflejo producido por una luminaria que obscurece parcial o totalmente detalles (como por ejemplo palabras impresas sobre un papel brillante) por la reducción del contraste entre los detalles y el fondo. Puede obscurecer partes de un texto o velar imágenes fotográficas dificultando su visión (Figura 60).

Figura 60. Luminancia de velo

Fuente imágenes 58-60:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_242.pdf

Otras Consecuencias

Al margen de los problemas visuales apuntados, la iluminación incorrecta de los puestos de trabajo trae como consecuencia una cantidad de dolores corporales (cuello, hombros y espalda especialmente) derivados de las posiciones anormales que, inconscientemente, el individuo adopta para evitar de alguna manera ser víctima del deslumbramiento. El cumplimiento de los criterios definidos nos garantiza la ausencia de deslumbramiento directo o reflejado, obteniendo el confort visual demandado por la mayoría de las actividades que se desarrollan en las edificaciones en general (Laszlo, s.f.).

Resumen de los parámetros

PARAMETROS LUMINICOS	UNIDAD
Intensidad luminosa	Candelas (cd)
Luminancia o brillo fotométrico	Cd/m2
Flujo luminoso	Cd/s= Lumen (lm)
Iluminancia	lm/m2= Lux (lx)
Luminosidad o Emitancia luminosa	lm/m2=Lux (lx)
Índice de Reproducción Cromática (IRC)	Adimensional
Temperatura de color	Kelvin (ºK)
Reflectancia, Absortancia y transmitancia	%

Tabla 13. Resumen de parámetros lumínicos

4.3 CONCLUSIONES PARCIALES

La luz natural propicia las condiciones adecuadas para una visión sana y obviamente alcanzar el confort lumínico, sin embargo, la luz natural puede presentar condiciones no adecuadas de brillos intensos, generando incomodidad o el deslumbramiento por diversos factores, concibiendo altos rangos de iluminancia y reflectancia en ciertos materiales como pantallas, mobiliario, pisos, muros, plafones, etc. Todos estos factores intervienen en una buena visión; así, estos efectos de la luz diurna y el desempeño del usuario en una tarea visual dependen de cómo, cuándo y dónde se introduzca la luz. Dicho esto es así es como todos los factores vistos en este capítulo nos dejan conciencia en que deben de ser tomados en cuenta para cuando se diseñen estrategias de luz del día para las edificaciones. Las estrategias de luz no siempre han mantenido su promesa como táctica eficaz de energía, una de las barreras comunes en el pasado y el presente que han impedido el uso de estas estrategias son el desconocimiento del desempeño del sistema de luz del día, desconocimiento apropiado del sistema, su control y uso, la falta de evidencia de las ventajas al aplicarlo en la arquitectura, así como una falta de integridad en la reglamentación y normatividad de cada región, que es lo que analizaremos en el próximo capítulo en la situación actual de esta a nivel nacional e internacional.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO COMPARATIVO DE REGLAMENTACION Y NORMATIVIDAD DESARROLLADA EN ILUMINACIÓN NATURAL A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

"Las normas establecidas con razón y con justicia, pueden dejar de ser útiles al cambiar las circunstancias, pero al permitir que continúen vigentes por la fuerza de la inercia, entonces, no sólo es justo, sino también útil, quebrantar aquellas que nos anuncian el hecho de que son inútiles, o incluso realmente perjudiciales"

ISAAC ASIMOV

CAPÍTULO 5. ESTUDIO COMPARATIVO DE REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVIDAD DESARROLLADA EN ILUMINACIÓN NATURAL A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

La difícil situación de la iluminación arquitectónica hace impostergable un mayor tratamiento científico-jurídico, es decir, lograr acciones comunes para el efecto de lograr una normatividad adecuada en su conjunto, que permita el bienestar y el desarrollo pleno en el contexto general en el que se enmarca.

Con el ánimo de llegar a conclusiones propositivas destacamos en capítulos interiores, el uso de la energía en la arquitectura a través de la historia, dando pie a una crítica situación energética a nivel nacional e internacional y explicando algunos aspectos que involucran el fenómeno de la luz para obtener confort lumínico y ahorro energético en las edificaciones, no obstante, hay mucho que hacer, en el presente estudio los problemas que se han generado con motivo del desconocimiento o la ignorancia de contemplar todos aquellos factores se ve reflejado en la situación normativa en iluminación a nivel nacional e internacional como se muestra a continuación.

5.1 REGLAMENTACIÓN A NIVEL NACIONAL EN ILUMINACIÓN. DEBILIDADES VS FORTALEZAS

La incompatibilidad de la normatividad en la legislación propia de cada lugar ha propiciado agudos e interminables conflictos que generan inseguridad en las edificaciones, problemas a la salud, ineficiencia en las actividades diarias de los usuarios, estrés, incomodidad y, en suma, destrucción de ese lazo que siempre ha estado presente en la relación hombre-arquitectura desde la antigüedad.

Esta incompatibilidad en el contexto en el que se plantea se da principalmente por deficiencias estructurales de los sistemas jurídicos y porque ante el problema se han emprendido políticas desfavorables centralistas y estáticas, México ha hecho un gran esfuerzo sobre el aspecto energético y, sin embargo, subsiste la ignorancia o desconocimiento de todo lo que comprende el obtener confort lumínico de los usuarios y ahorro energético en las edificaciones.

En este orden de ideas, constituye un reto no solo para México, sino para todo el mundo y el enfoque debe hacerse en forma contextual destacándose el aspecto social, económico, ecológico y jurídico mediante una legislación congruente con los diversos matrices de la realidad social, arquitectónica, ecológica y, sobre todo, congruente y adecuada a los fines del derecho como ciencia de cada localidad.

Dentro de este régimen normativo nos vamos a referir en este apartado a su entorno jurídico mediato, con dedicación a México y en algunas partes del mundo para el efecto de ubicar dentro del mismo las deficiencias de la legislación en relación a la iluminación natural en la arquitectura.

La parte de reglamentación que se tomó como referencia para esta investigación fue:

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias al Proyecto Arquitectónico (Simon, 2004), Reglamento de construcciones de Puerto Vallarta, Jalisco (H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, Jalisco., 1991), Reglamento de construcciones de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutierrez, 2005), Reglamento de construcciones de Baja California Sur (H. Ayuntamiento de Baja California Sur, 2005), Reglamento de construcciones de Chihuahua, Chihuahua (H. Ayuntamiento de Chihuahua, 2007) y el Reglamento de construcciones de Mérida, Yucatán. (H. Ayuntamiento de Mérida, 2004).

En cuanto a normas oficiales mexicanas se tomaron en cuenta las relacionadas a la Secretaria de Energía y a la Secretaria del Trabajo y Previsión Social y las Normativas Internacionales en diferentes países, como La Illuminating Engineering Society, International Comission on Illumination y Leadership in Energy & Environmental Design que se adjuntan posteriormente.

5.1.1 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES Y EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

5.1.1.1 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL Y SUS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS AL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

El gobierno del Distrito Federal publicó el 6 de Octubre de 2004 las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico (Simon, 2004), en el apartado 3.4 se considera la *Iluminación y ventilación* de manera general y en conjunto, y en el apartado 3.4.1 de *Generalidades* solo especifica que los locales habitables y complementarios deben tener iluminación diurna natural por medio de ventanas que den directamente a la vía pública, azoteas, superficies descubiertas o patios considerando **locales habitables:** las recámaras, alcobas, salas, comedores, estancias o espacios únicos, salas de televisión y de costura, locales de alojamiento, cuartos para encamados de hospitales, clínicas y similares, aulas de educación básica y media, vestíbulos, locales de trabajo y de reunión y los **locales complementarios:** los baños, cocinas, cuartos de lavado y planchado doméstico, las circulaciones, los servicios y los estacionamientos. Se consideran **locales no habitables:** los destinados al almacenamiento como bodegas, closets, despensas, roperías.

En el apartado **3.4.2 *iluminación y ventilación natural*** y el subsecuente ***3.4.2.1 Ventanas*** especifica:

Para el dimensionamiento de ventanas se tomará en cuenta lo siguiente:

I. El área de las ventanas para iluminación no será inferior al 17.5% del área del local en todas las edificaciones (orientaciones este-oeste) a excepción de los locales complementarios donde este porcentaje no será inferior al 15%; mientras que para la orientación norte será del 15% y para la sur del 20%.

II. El porcentaje mínimo de ventilación será del 5% del área del local;

III. Los locales cuyas ventanas estén ubicadas bajo marquesinas, techumbres, balcones, pórticos o volados, se considerarán iluminadas y ventiladas naturalmente cuando dichas ventanas se encuentren remetidas como máximo lo equivalente a la altura de piso a techo del local;

IV. Se permite la iluminación diurna natural por medio de domos o tragaluces en los casos de baños, incluyendo los domésticos, cocinas no domésticas, locales de trabajo, reunión, almacenamiento, circulaciones y servicios; en estos casos, la proyección horizontal del vano libre del domo o tragaluz puede dimensionarse tomando como base mínima el 4% de la superficie del local, excepto en industrias que será del 5%. El coeficiente de transmisibilidad del espectro solar del material transparente o translúcido de domos y tragaluces en estos casos no debe ser inferior al 85%;

V. No se permite la iluminación y ventilación a través de fachadas de colindancia, el uso de bloques prismáticos no se considera para efectos de iluminación natural;

VI. No se permiten ventanas ni balcones u otros voladizos semejantes sobre la propiedad del vecino prolongándose más allá de los linderos que separen los predios. Tampoco se pueden tener vistas de costado u oblicuas sobre la misma propiedad, si no hay la distancia mínima requerida para los patios de iluminación;

VII. Las escaleras, excepto en vivienda unifamiliar, deben estar ventiladas en cada nivel hacia la vía pública, patios de iluminación y ventilación o espacios descubiertos, por medio de vanos cuya superficie no será menor del 10% de la planta del cubo de la escalera; en el caso de no contar con ventilación natural se debe satisfacer lo dispuesto en la fracción II correspondiente a las condiciones complementarias de la Tabla 3.6; y

VIII. Los vidrios o cristales de las ventanas de piso a techo en cualquier edificación, deben cumplir con la Norma Oficial NOM-146-SCFI, excepto aquellos que cuenten con barandales y manguetes a una altura de 0.90 m del nivel del piso, diseñados de manera que impidan el paso de niños a través de ellos, o estar protegidos con elementos que impidan el choque del público contra ellos.

En el ***3.4.2.2 Patios de iluminación y ventilación natural*** considera lo siguiente:

Se refieren a patios de iluminación y ventilación natural con base de forma cuadrada o rectangular, cualquier otra forma debe considerar una área equivalente; estos patios tendrán como mínimo las proporciones establecidas en la Tabla 14, con dimensión mínima de 2.50 m medida perpendicularmente al plano de la ventana sin considerar remetimientos.

TABLA 3.4	
TIPO DE LOCAL	PROPORCIÓN MÍNIMA DEL PATIO DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN (con relación a la altura de los paramentos del patio)
Locales habitables	1 / 3
Locales complementarios e industria	1 / 4

Tabla 14. Tabla de proporciones mínimas de patios (RCDF, 2004)

Condiciones complementarias a la tabla 3.4:

I. Si la altura de los paramentos del patio fuera variable se tomará el promedio de los dos más altos; los pretiles y volúmenes en la parte superior de estos paramentos, podrán remeterse un mínimo del equivalente a su altura con el propósito de no ser considerados para el dimensionamiento del patio;

II. En el cálculo de las dimensiones mínimas de los patios podrán descontarse de la altura total de los paramentos que lo confinan, las alturas correspondientes a la planta baja y niveles inmediatamente superiores a ésta, que sirvan como vestíbulos, estacionamientos o locales de máquinas y servicios;

III. Para determinar las dimensiones mínimas de los patios, se tomará como cota de inicio 0.90 m de altura sobre el piso terminado del nivel más bajo que tenga locales habitables o complementarios;

IV. En cualquier orientación, se permite la reducción hasta de una quinta parte en la dimensión mínima del patio, siempre y cuando la dimensión ortogonal tenga por lo menos una quinta parte más de la dimensión mínima correspondiente;

V. En los patios completamente abiertos por uno o más de sus lados a vía pública, se permite la reducción hasta la mitad de la dimensión mínima en los lados perpendiculares a dicha vía pública;

VI. Los muros de patios que se limiten a las dimensiones mínimas establecidas en esta Norma y hasta 1.3 veces dichos valores, deben tener acabados de textura lisa y colores claros;

VII. Los patios podrán estar techados por domos o cubiertas transparentes o traslúcidos siempre y cuando tengan una transmisibilidad mínima del 85% del espectro solar y una área de ventilación en la cubierta no menor al 10% del área del piso del patio; y

VIII. En las zonas históricas y patrimoniales los inmuebles sujetos a reparación, adecuación y modificación podrán observar las dimensiones de los patios de iluminación y ventilación del proyecto original o construcción existente siempre y cuando cuenten con la aprobación del Instituto Nacional de Antropología e Historia o del Instituto Nacional de Bellas Artes, según corresponda.

En su apartado ***3.4.3 Iluminación Artificial*** específica los niveles mínimos de iluminación artificial que deben tener las edificaciones y se establecen en la Tabla 15, y en dado caso de emplear criterios diferentes, el Director Responsable de Obra debe justificarlo en la Memoria Descriptiva del proyecto.

TABLA 3.5		
REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL		
TIPO DE EDIFICACIÓN	**Local**	**Nivel de Iluminación**
HABITACIONAL		
Vivienda unifamiliar Vivienda plurifamiliar	Circulaciones horizontales y verticales	50 luxes
COMERCIAL		
Abasto y almacenamiento	Almacenes	50 luxes
	Circulaciones	100 luxes
Mercados públicos	Naves	75 luxes
Venta de combustibles y explosivos	Áreas de servicio	70 luxes
	Áreas de bombas	200 luxes
Tiendas de productos básicos y especialidades Tiendas de autoservicio	En general	250 luxes
Tiendas departamentales y Centros comerciales Agencias y talleres de reparación		
Tiendas de servicios y servicios diversos	Baños	100 luxes
Baños públicos	Sanitarios	75 luxes
Gimnasios y adiestramiento físico	En general	250 luxes
SERVICIOS		
Administración		
Bancos, casas de bolsa y casas de cambio	Áreas y locales de trabajo	250 luxes
	Circulaciones	100 luxes
Oficinas privadas y públicas	Cuando sea preciso apreciar detalles	100 luxes
	Cuando sea preciso apreciar detalles : Toscos o burdos	200 luxes
	Medianos	300 luxes
	Muy finos	500 luxes
Hospitales y centros de salud		
Atención médica o dental a usuarios externos	Consultorios y salas de curación	300 luxes
	Salas de espera	125 luxes
Atención a usuarios internos	Circulaciones	100 luxes
	Salas de encamados	75 luxes
Servicios médicos de urgencia(públicos y privados)	Emergencia en consultorios y salas de curación	300 luxes
Asistencia social		
Residencias colectivas	Circulaciones horizontales y verticales	50 luxes
Asistencia animal		
Centros antirrábicos, clínicas y hospitales veterinarios	Salas de curación	300 luxes
Educación e instituciones científicas		
Atención y educación preescolar	Aulas	250 luxes
Educación formal básica y media	Aulas y laboratorios	300 luxes
	Circulaciones	100 luxes
Educación formal media-superior y superior, y educación informal	Aulas y laboratorios	300 luxes
	Circulaciones	100 luxes
Institutos de investigación	Aulas y cubículos	250 luxes
Exhibiciones		
Galerías de arte, museos, centros de exposiciones	Salas de exposición Vestíbulos Circulaciones	250 luxes 150 luxes 100 luxes
Centros de información	Salas de lectura	250 luxes
Instituciones religiosas		
Lugares de culto, (templos, iglesias y sinagogas)	Áreas de reunión	100 luxes
Alimentos y bebidas		
Servicios de alimentos y bebidas	En general	250 luxes

Tabla 15. Tabla de proporciones mínimas de patios (RCDF, 2004)

Servicios de alimentos y bebidas con o sin esparcimiento	En general	250 luxes
	Restaurantes	50 luxes
	Centros Nocturnos	30 luxes
	Cocinas	200 luxes
TABLA 3.5 (continúa)		
Entretenimiento y Recreación social		
Espectáculos y reuniones	Salas durante la función	1 lux
	Iluminación de emergencia	25 luxes
	Salas durante los intermedios	50 luxes
	Vestíbulos	150 luxes
	Circulaciones	100 luxes
	Emergencia en circulaciones y sanitarios	30 luxes
Deportes y recreación		
Prácticas y/o espectáculos deportivos	Circulaciones	100 luxes
Alojamiento		
Hoteles y moteles	Habitaciones	75 luxes
Casas de huéspedes	Circulaciones	100 luxes
Albergues turísticos juveniles	Vestíbulos	150 luxes
	Áreas y locales de trabajo	250 luxes
Campamentos para remolques y campismo	Estacionamiento de vehículos	30 luxes
	Circulaciones	75 luxes
Policía y bomberos		
Centrales de policía, estaciones de bomberos y cuarteles	Áreas y locales de trabajo	250 luxes
Funerarios		
Agencias funerarias	Velatorios	125 luxes
Transportes		
Estacionamientos privados y públicos, incluyendo encierros de vehículos	Entrada y salida	300 luxes
	Espacio de circulación, pasillos, rampas y zonas peatonales	100 luxes
	Espacios para estacionamientos (cajones)	50 luxes
	Caseta de control	200 luxes
	Zona de espera	50 luxes
	Pasillos y cajones	50 luxes
Servicios de mudanzas	En general	250 luxes
INDUSTRIA		
Para todo tipo de industria	Áreas de trabajo en que no sea preciso apreciar detalles.	100 luxes
	Áreas de trabajo en que sea preciso apreciar detalles: toscos o burdos	200 luxes
	medianos	300 luxes
	muy finos	500 luxes
	Área de almacenamiento	50 luxes
	Circulaciones	100 luxes
	Comedores	150 luxes
Comunicaciones		
Servicio al público de correos y telégrafos, mensajería y paquetería.	En general	250 luxes
INFRAESTRUCTURA		
Infraestructura		De acuerdo a los locales de que se trate
ESPACIOS ABIERTOS		
Plazas y explanadas	Circulaciones	75 luxes
Parques y jardines	Estacionamientos	30 luxes

Tabla 15. Tabla de proporciones mínimas de patios (continuación) (RCDF, 2004)

Condiciones complementarias a la tabla 3.5:

I. El nivel de iluminación artificial para circulaciones verticales y horizontales, así como elevadores en todas las edificaciones, excepto en la de la habitación será de 100 luxes;

II. El porcentaje de iluminación de emergencia debe realizarse conforme a la Tabla 3.7, y

III. El Director Responsable de Obra debe cumplir, en su caso, con lo dispuesto en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

NOM-001-SEDE, “Instalaciones eléctricas (utilización)”;

NOM-007-ENER, “Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales”;

NOM-013-ENER, “Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios”; y NOM-025-STPS, “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”.

Como se puede observar esta tabla habla sobre los requisitos mínimos de iluminación artificial y es importante resaltar como en oficinas privadas y públicas, este rango va de 100 a 500 lux, en espacios de educación va de 100 a 300 lux, dependiendo de la tarea a realizarse en el área de trabajo (Simon, 2004) y pide cumplir obligatoriamente ciertas Normas Oficiales Mexicanas explicadas posteriormente.

En su apartado ***3.4.5 Iluminación de emergencia*** especifica que los locales indicados en la Tabla 16, deben tener iluminación de emergencia en los porcentajes mínimos que en ella se establecen.

TABLA 3.7		
TIPOS DE EDIFICACIÓN	**UBICACIÓN**	**ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA (en por ciento)**
COMERCIAL		
Comercios en general	Zonas de venta en tiendas de especialidades, autoservicio, departamentales y centros comerciales	10
SERVICIO		
Administración	Mayores a 80 m^2 construidos	10
Hospitales y centros de salud		
Atención a usuarios internos.	Recepción, vestíbulos y salas de espera	30
	Locales comerciales (servicios)	50
	Salas de preparación operatoria, recuperación, curaciones y terapias	100
	Salas de operación y de expulsión, laboratorios y cuarto séptico	100
	Morgue	20
Atención médica o dental a usuarios externos	Servicios sanitarios	50
	Central de esterilización y equipos	20
	Urgencias	70
	Consultorios	50
	Elevadores	50
	Encamados.	30
Asistencia social		
Asilos, casas de cuna y asistencia	Vestíbulos, salas de espera, servicios sanitarios y pasillos	5
Asistencia animal		
Atención veterinaria	Bioterio	50
Educación e instituciones científicas		
Laboratorios en centros de educación e institutos de investigación, centros de información	Pasillos y bioterios	5
Exhibiciones		
Galerías de arte, museos y salas de exposición de más de 40 m^2 construidos	Circulaciones y servicios	10
Zonas de galerías en edificaciones de deportes y recreación	Circulaciones y servicios	5
Centros de información	Bibliotecas	5
Instituciones religiosas		
Templos	Pasillos	5
Alimentos y bebidas		
(con o sin esparcimiento)	Zonas de comensales en locales de alimentos y bebidas con una superficie mayor a 40 m^2 construidos	5
Entretenimiento y Recreación social		
Entretenimiento	Zona de público en auditorios, teatros, cines, salas de conciertos, cinetecas	5
Recreación social	Centros culturales, salones de fiestas	5

Tabla 16. Tabla de iluminación de emergencia (RCDF, 2004)

TABLA 3.7 (continúa)		
Deportes y recreación		
Prácticas y espectáculos deportivos	Circulaciones y servicios sanitarios	5
Alojamiento		
Hoteles y moteles	Circulaciones y servicios sanitarios	5
Policía, bomberos y reclusorios		
Centrales de policía, estaciones de bomberos y cuarteles	Circulaciones y servicios sanitarios	5
Funerarios, transportes y comunicaciones		
Atención al público	Circulaciones y servicios sanitarios	10
INDUSTRIA		
Para todo tipo de industria	Zonas de trabajo y servicios sanitarios	5

Tabla 16. Tabla de iluminación de emergencia (continuación) (RCDF, 2004)

Como se puede ver la parte de Iluminación, ya sea natural o artificial es bastante deficiente, incluso incluyendo la ventilación con el mismo, las condiciones lumínicas como hemos visto en capítulos anteriores varían de acuerdo a la ubicación del edificio, actividades a realizar, la agudeza visual cambia con la edad, y lo que es peor es que dichos aspectos de esta reglamentación se aplican en otros estados de la república, teniendo condiciones totalmente distintas como veremos a continuación la situación normativa en distintas partes de la republica (Figura 61).

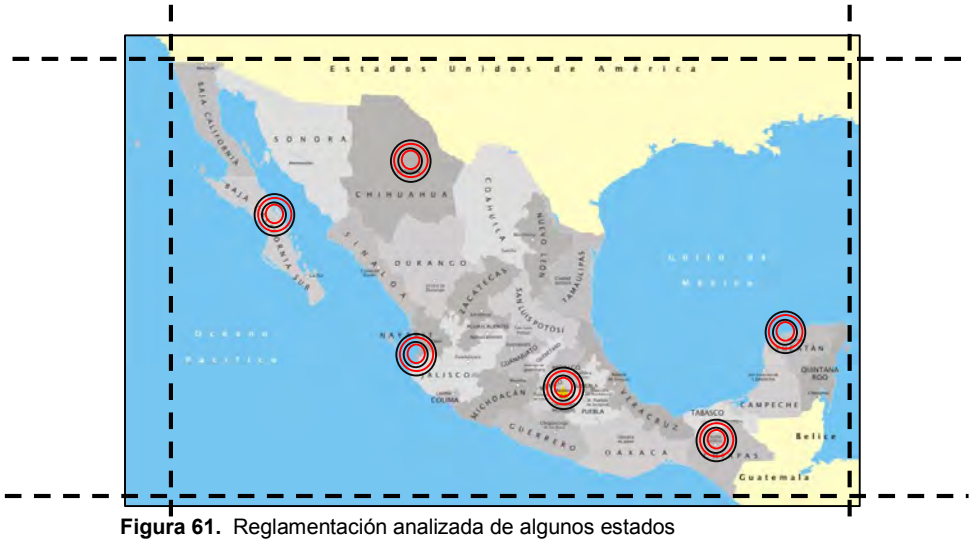


Figura 61. Reglamentación analizada de algunos estados

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9xico

5.1.1.2 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE BAJA CALIFORNIA SUR

En la parte norte de nuestro país, Baja California Sur, 25º17´N 111º34´O a 2080 msnm, que presenta climas áridos hasta húmedos, en su Título Tercero de Proyecto Arquitectónico, Capitulo II Iluminación y ventilación natural (H. Ayuntamiento de Baja California Sur, 2005) presenta las mismas limitaciones, señalando en conjunto con la ventilación aspectos muy generales y escasos considerando solo tres artículos al respecto sin tablas de iluminancias recomendadas:

Artículo 90.- Toda edificación deberá tener los espacios descubiertos necesarios para lograr una buena iluminación y ventilación en los términos que se establece en este capítulo, sin que dichas superficies estén cubiertas parcial o totalmente con volados, corredores, pasillos o escaleras.

Artículo 91.- En las edificaciones para vivienda, las áreas que deben aplicarse a los fines de iluminación y ventilación natural, tendrán una superficie no menor del 25 por ciento del área total construida, sin incluir las áreas correspondientes a circulaciones como pasillos, rampas, escaleras y elevadores.

Las habitaciones destinadas a dormitorios alcobas, salas o estancias, deberán tener iluminación y ventilación natural por medio de vanos que den directamente a las vías públicas o superficies descubiertas.

Para iluminación la superficie total de las ventanas, libre de toda obstrucción, será por lo menos 1/8 de la superficie del piso de cada pieza habitable y la superficie libre para ventilación deberá ser cuando menos de 1/3 de la superficie considerada para iluminación, salvo en el caso de baños y cocinas en los cuales las superficies para ventilación e iluminación serán del 10 por ciento libre de obstrucción, y del 16 por ciento de su área de piso respectivamente, sin que sea menor de 1.00 metro cuadrado en el último caso.

Solo se autorizarán ventanas secundarias orientadas a colindancias cuando exista una separación al lindero de al menos un metro libre.

Cualquier otro local deberá preferentemente contar con ventilación e iluminación natural de acuerdo con estos mismos criterios, pero se permitirá la iluminación por medios artificiales y la ventilación por medios electromecánicos que se especifican respectivamente en el Capítulo VII de este Reglamento.

Artículo 92.- Los locales, sean o no habitables cuyas ventanas queden ubicadas bajo marquesinas o techumbre, se considerarán iluminados y ventilados naturalmente cuando se encuentren remetidos del paramento más cercano a la superficie descubierta o de la fachada, en no más de dos metros, contados a partir de la proyección vertical de la marquesina o techumbre, siempre y cuando se cumpla con lo señalado en el Artículo 91 de este Reglamento.

Cuando los locales se encuentren remetidos a una distancia mayor, deberán ventilarse además por medios electromecánicos.

5.1.1.3 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA

Con una ubicación geográfica de 28º48´51´N 106º26´22´´O a 3300 msnm y por encontrarse en la zona de transición entre la meseta y el desierto, la ciudad representa un clima seco semicálido con invierno fresco. En su Título Quinto Normas Técnicas del Proyecto Arquitectónico en su Capitulo Quinto sobre Iluminación y Ventilación (H. Ayuntamiento de Chihuahua, 2007) considera lo siguiente en solo cinco artículos:

Articulo 179.-Iluminación

Los locales en las edificaciones contarán con medios que aseguren la iluminación diurna y nocturna necesaria para sus ocupantes y cumplan los siguientes requisitos: Los locales habitables y las cocinas domésticas en edificaciones habitacionales, los locales en edificios de educación elemental y media, y cuartos para encamados en hospitales, tendrán iluminación diurna natural por medio de ventanas que den directamente a la vía pública, terrazas, azoteas, superficies descubiertas, interiores o patios que satisfagan lo establecido en el artículo 180 del presente reglamento.

Por ningún motivo se permitirá la creación de ventanas hacia la colindancia, salvo lo establecido en el artículo 182.

Articulo 180.-Area de ventanas

El área de ventanas no será inferior al l0% correspondiente a la superficie del local correspondiente.

I.- Cuando se trate de ventanas con distintas orientaciones en un mismo local, las ventanas se dimensionarán aplicando el porcentaje mínimo de iluminación a la superficie del local dividida entre el número de ventanas.

II.- Los locales cuyas ventanas estén ubicadas bajo marquesinas, techumbres pórticos o volados, se consideran iluminados naturalmente, cuando dichas ventanas se encuentren remetidas como máximo el equivalente a la altura de piso a techo del local.

Articulo 181.-Domos y tragaluces

Se permitirá la iluminación por medio de domos y tragaluces en los casos de baños, cocinas no domésticas, locales de trabajo, reunión, almacenamiento, circulaciones y servicios. Deberán considerarse como dimensión mínima, la proyección horizontal del vano libre del domo o tragaluz, tomando como base el 25% de la superficie de la ventana requerida pero nunca menor a un espacio de 45 x 45 cm.

Articulo 182.-Bloques de vidrio

Se permitirá la iluminación en fachadas de colindancia mediante bloques de vidrio prismático traslúcido a partir de 7.20 m sobre el nivel de banqueta, sin que esto disminuya los requerimientos mínimos establecidos para el tamaño de ventanas y domos o tragaluces, y sin crear derechos respecto a futuras edificaciones vecinas que puedan obstruir esta iluminación.

Articulo 183.-Disposicion para patios de iluminación y ventilación

Los patios de iluminación y ventilación natural deberán cumplir con las disposiciones siguientes:

I.- Las prescripciones contenidas en este artículo conciernen a patios con base de forma cuadrada o rectangular.

II.- Los patios de iluminación y ventilación natural tendrán por lo menos las siguientes dimensiones que no serán nunca menores a 2.50 m (Tabla 17):

TIPO DE LOCAL	DIMENSION MINIMA (en relación a la altura de los paramentos de patios)
Locales habitables, comercios y oficinas	**1/3**
locales complementarios	**¼**
para cualquier otro tipo de local	**1/5**

Tabla 17. Dimensiones mínimas en función del local (RCCHI, 2007)

Si la altura de los parámetros del patio fuera variables se tomará el promedio de los dos más altos.

III.- Habrá la siguiente tolerancia en las dimensiones de los patios de iluminación y ventilación natural:

A.- En cualquier orientación, la reducción hasta una quinta parte en una de las dimensiones mínimas del patio, siempre que la opuesta tenga por lo menos una quinta parte más de la medida mínima correspondiente.

B.- En los patios completamente abiertos por uno o más de sus lados a vía pública, reducción hasta la mitad de la dimensión mínima en los lados perpendiculares a dicha vía pública.

C.- En el cálculo de las dimensiones mínimas de patios de iluminación y ventilación, podrán descontarse de la altura total de los paramentos que lo confinan, las alturas correspondientes a la planta baja y niveles inmediatamente superiores a ésta, que sirvan como vestíbulos, estacionamientos o locales de máquinas y servicios.

IV.- Todos los locales habitables contarán con los medios artificiales de iluminación nocturna y deberán proporcionar los niveles de iluminación en luxes de conformidad con lo dispuesto en el título séptimo correspondiente a instalaciones eléctricas.

Mientras que en su ***Capítulo II: Dimensiones mínimas***

Articulo 157.-Restricciones hacia las colindancias y separación entre edificios

Las construcciones cuyo límite sea orientación norte y colinde con predios habitacionales deberán observar una restricción hacia dicha colindancia del 15% de su altura máxima, sin perjuicio de cumplir con lo establecido en este Reglamento para patios de iluminación y ventilación. Se deberá verificar que la separación de edificios nuevos con predios o edificaciones colindantes cumpla con lo establecido en el artículo correspondiente a separaciones mínimas de diseño por sismo de este Reglamento indicadas en el Capítulo 6.08.00.

La separación entre edificios de habitación plurifamiliar de hasta 50 viviendas será cuando menos la que resulte de aplicar la dimensión mínima establecida de este Reglamento para patios de iluminación y ventilación, de acuerdo al tipo de local y a la altura promedio de los paramentos de los edificios en cuestión.

En conjuntos habitacionales de más de 50 viviendas la separación entre edificios en dirección norte-sur será por lo menos del 60% de la altura promedio de los mismos, y en dirección este-oeste será por lo menos del 100%.

En su ***Capítulo VIII: Integración al contexto e imagen Urbana***

Articulo 202.-Fachadas con materiales Reflejantes

Se permitirá el uso de vidrios y materiales reflejantes en las fachadas de las edificaciones siempre y cuando se demuestre, mediante los estudios de asoleamiento y reflexión espectral, que el reflejo de los rayos solares no provocará en ninguna época del año ni hora del día deslumbramientos peligrosos o molestos en edificaciones vecinas o vía pública ni aumentará la carga térmica en el interior de las edificaciones vecinas.

Articulo 203.-Colores en colindancia

Las fachadas de colindancia de las edificaciones de cinco niveles o más que formen parte de los parámetros de patios de iluminación y ventilación de las edificaciones vecinas en zonas urbanas habitacionales de acuerdo con la zonificación de los programas parciales, deberán tener acabados de colores claros.

5.1.1.4 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE PUERTO VALLARTA, JALISCO

Puerto Vallarta, Jalisco con una ubicación geográfica de 20º40´0´N 105º16´0´´O a 101 msnm y un clima cálido húmedo, en su Título Quinto de Proyecto Arquitectónico (H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, Jalisco., 1991) hace más énfasis en la arquitectura vernácula, requisitos y aprobación de proyectos,

alturas máximas en carreteras, zonas costeras, separación de drenajes, pozos de absorción, muros colindantes, pero no se especifican los niveles óptimos de luminancia de acuerdo al género y uso del edificio, propiedades físicas de materiales, qué ocurre con obstrucciones o recomendaciones generales en cuanto a las distintas épocas del año, solo un artículo habla al respecto, siendo este:

Artículo 5.1.16.- Edificios para habitaciones:

A).- Deberán quedar libres las superficies destinadas a patios, que sirvan para dar luz, ventilación a piezas habitables y no habitables.

B).- Piezas habitables serán lo que sea destinado a despachos, oficinas, comedores, dormitorios. No habitables no destinado a coconas, baños, excusados, lavaderos.

C).- Los claros necesarios como cubos de luz y ventilación para lugares habitables será de:

Altura hasta Dimensiones mínimas por lado o su equivalente en área.

4:00	2:50
8:00	3:25
12:00	4:00

Mayores de 12:00 la tercera parte de la altura.

Sus dimensiones mínimas serán de 2:60 X 2:60 y una altura de 2.40 metros.

D).- Los claros necesarios para cubos de luz y ventilación en lugares no habitables.

Altura hasta Dimensiones mínimas por lado o su equivalente en área

4:00	2:00
8:00	2:25
12:00	2:80

Mayores de 12:00 La quinta parte de la altura.

En baños y cocinas pueden permitirse menores dimensiones si se cuenta con medios de extracción mecánico o eléctrico por medio de ductos que perita esa extracción sin problemas.

E).- Corredores.- No deberán ser menores de 1.10 de luz y se cuenta con barandales estos no serán menores de 0.90 Metros de altura.

F).- Escaleras.- Deberá tener un mínimo de 1.10 de luz con huella mínima de 0.27 Cm. Y peralte de 18 Cm. excepto en las que consideran de servicio que podrán tener mayor altura.

G).- Toda edificación destinada a condominio o tiempo compartido deberá cumplir con los requisitos de la Secretaría de Salud, antes de iniciar los trámites de sus permisos de construcción.

5.1.1.5 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

La parte Sur de la República Mexicana no será la excepción; Tuxtla, Gutiérrez 16º45´11N 93º6´56´´O y 522 msnm, con un clima cálido subhúmedo, carece de un capitulado de proyecto arquitectónico, sin embargo, en sus diversos artículos sólo se definen parámetros básicos como el implementar la iluminación por ventanas o cubos de luz, pero que limitan el diseño lumínico al carecer de aspectos relacionados al confort lumínico, como se muestra a continuación. (H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutierrez, 2005)

Artículo 122.- La separación entre edificios de habitación multifamiliar de hasta 50 viviendas será cuando menos la que resulte de aplicar la dimensión mínima establecida en éste Reglamento para patios de iluminación y ventilación, de acuerdo al tipo de local y a la altura promedio de los paramentos de los edificios en cuestión.

Artículo 147.- Todas las piezas habitables en todos los pisos, deben tener iluminación por medio de vanos que darán directamente a patios o a la vía pública, por lo que no se permitirán ventanas, ni balcones u otros voladizos semejantes, sobre la propiedad del vecino. La superficie total de ventanas, libre de toda obstrucción para cada pieza será por lo menos igual a un octavo de la superficie del piso, y el espacio libre para ventilación deberá ser cuando menos de un vigésimo cuarto de la superficie de la pieza.

Artículo 149.- Se permitirá la iluminación en fachadas de colindancia mediante bloques de vidrio prismático traslúcido a partir del tercer nivel sobre la banqueta, sin que está disminuya los requerimientos mínimos establecidos para el tamaño de ventanas y domos o tragaluces, y sin la creación de derechos respecto a futuras edificaciones vecinas que puedan obstruir dicha iluminación.

Artículo 162.- Los espacios de recreo serán indispensables en los edificios para la educación y tendrán una superficie mínima equivalente a un 150% del área construida con fines diversos a los del esparcimiento y contarán con pavimento adecuado, requisito éste que podrá dispensarse en casos excepcionales. Los patios para iluminación y ventilación de las aulas, deberán tener por lo menos una

dimensión igual a la mitad del paramento y como mínimo 3 metros. La iluminación artificial de las aulas será siempre directa y uniforme.

Artículo 179.- Serán aplicables a los centros para espectáculos deportivos, las disposiciones del capítulo que se refiere a salas de espectáculos, en lo que respecta a la ubicación, puertas de acceso o salidas, ventilación e iluminación, cálculo de requerimientos para servicios sanitarios y acabado de estos y autorización para su funcionamiento, así como lo no previsto en éste capítulo.

Artículo180.- Los baños públicos deberán contar con instalaciones hidráulicas y de vapor que tengan fácil acceso para su mantenimiento y conservación. Los muros y techos deberán recubrirse con materiales impermeables. Los pisos deberán ser impermeables y antiderrapantes. Las aristas deberán redondearse.

La ventilación deberá ser suficiente, a juicio de la Secretaría, para evitar la concentración inconveniente de bióxido de carbono. La iluminación podrá ser natural o artificial; la primera por medio de ventanas con superficie mínima igual a un octavo de la superficie del piso y si es artificial por medio de instalaciones eléctricas especiales para resistir adecuadamente la humedad.

5.1.1.6 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE MÉRIDA, YUCATÁN

La parte Sureste; Mérida, Yucatán 20º58´04N 89º37´18´´O y 10 msnm, con un clima cálido húmedo, carece de un capitulado de proyecto arquitectónico (H. Ayuntamiento de Mérida, 2004), sin embargo, definen parámetros básicos como el implementar la iluminación por ventanas o cubos de luz, como se muestra en los siguientes artículos.

Capítulo XII: Edificios para usos habitacionales

Artículo 151.- Es obligatorio en los edificios destinados a habitación, dejar superficies y espacios abiertos o patios, cubos de ventilación y cubos de iluminación de acuerdo con lo establecido en este “REGLAMENTO”, destinados a proporcionar luz y ventilación, a partir del nivel en que se desplanten los pisos, sin que dichas superficies puedan ser cubiertas con volados, pasillos, corredores o escaleras.

Artículo 161.- Todas las piezas destinadas a salas, comedores y dormitorios en todos los pisos, deberán tener iluminación y ventilación natural cruzada por medio de vanos que darán directamente a un espacio al aire libre. La superficie total de ventanas libre de toda obstrucción para cada pieza, será por lo menos igual a una quinta parte de la superficie del piso y la superficie libre para ventilación, deberá ser cuando menos de un octavo de la superficie de la pieza.

Artículo 162.- Los edificios para habitaciones, deberán ser provistos de iluminación artificial que proporcione cuando menos las cantidades mínimas que fija el “REGLAMENTO”.

Artículo 163.- Para iluminar y ventilar piezas habitables, los vanos deberán orientarse hacia espacios libres, pasillos, cubos de iluminación y ventilación o a la vía pública. En el caso de vivienda unifamiliar los pasillos exteriores destinados a circulación, ventilación o iluminación, no podrán ser menores de 0.85 m de claro libre. Cuando se trate de cubos de iluminación y ventilación su superficie y dimensión mínimas serán de acuerdo con la tabla siguiente (Tabla 18):

Altura del paramento	Superficie mínima	Dimensión mínima De uno de los lados
3.00 m	4.00 m^2	1.20 m
6.00 m	6.00 m^2	1.50 m
9.00 m	9.00 m^2	2.50 m
12.00 m o más	12.00 m^2	3.00 m

Tabla 18. Dimensión de cubos de iluminación de acuerdo a la altura y superficie mínima (RCMER, 2004)

Capítulo XIII: Edificios para plazas comerciales, comercios, tiendas de autoservicio y oficinas

Artículo 175.- La iluminación de los edificios para plazas comerciales, comercios, tiendas de autoservicio y oficinas, podrán ser de carácter natural o artificial, cuando sea de carácter natural, se observarán las normas relativas a las habitaciones, y cuando sea de carácter artificial, deberán satisfacer las condiciones necesarias de iluminación, de acuerdo con este “REGLAMENTO”.

Capítulo XIV: Edificios para la educación

Artículo 181.- En los patios que sirvan para dar iluminación y ventilación a las aulas, la dimensión perpendicular hacia el límite de propiedad deberá ser al menos un tercio de la altura del paramento, pero nunca menor a 3.00 m.

Artículo 182.- La iluminación artificial de las aulas será directa y uniforme y de acuerdo con las normas y requerimientos de iluminación artificial señaladas en este “REGLAMENTO”.

Capítulo XXVIII: Instalaciones

Artículo 345.- La iluminación artificial instalada en interiores y exteriores de edificios y circulaciones, debe ser la suficiente para no comprometer la integridad física de los ocupantes, así como no afectar la salud de la visión, para lo cual debe considerarse el tipo de actividad y las edades de las personas que utilizan el inmueble. Como mínimo normativo se mencionan los niveles en los siguientes tipos de edificaciones y circulaciones.

Los niveles mínimos de iluminación, en luxes, serán los siguientes que se especifican en la Tabla 19:

Usos de la construcción	Niveles de iluminación
I.-EDIFICIOS PARA HABITACION	
a) Circulaciones	100
II.-EDIFICIOS PARA COMERCIO Y OFICINAS	
a) Circulaciones	Los niveles de alumbrado serán los establecidos en la norma NOM-025-STPS-1999, "Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo"
b) Vestíbulos	
c) Oficinas	
d) Comercios	
e) Sanitarios	
f) Elevadores	
III.-EDIFICIOS PARA LA EDUCACION	
a) Circulaciones	100
b) Salones de Clase	400
c) Salones de Dibujo	600
d) Salones de Costura	900
e) Sanitarios	100
IV.-INSTALACIONES DEPORTIVAS	
a) Circulaciones	100
b) Sanitarios	100
V.-BAÑOS	
a) Circulaciones	100
b) Baños y Sanitarios	100
VI.-HOSPITALES	
a) Circulaciones	100
b) Salas de espera	200
c) Salas de encamados	60
d) Consultorios	400
e) Sanitarios	100
VII.-INDUSTRIAS	
a) Circulaciones	Los niveles de alumbrado serán los establecidos en la norma NOM-025-STPS-1999, "Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo"
b) Sanitarios	
c) Comedores	
VIII.-SALAS DE ESPECTACULOS	
a) Circulaciones	100
b) Vestíbulo	200
c) Salas de Descanso	50
d) Sala durante la función	1
e) Sala durante los intermedios	50
f) Emergencia en la Sala	10
g) Sanitarios	100
IX.-CENTROS DE REUNION	
a) Circulaciones	100
b) Cabaret	80
c) Restaurantes	100
d) Cocinas	300
e) Sanitarios	100
f) Emergencia en la Sala	5

Tabla 19. Niveles de iluminación de acuerdo al uso de la construcción (RCMER, 2004)

IX.-CENTROS DE REUNION	
a) Circulaciones	100
b) Cabaret	80
c) Restaurantes	100
d) Cocinas	300
e) Sanitarios	100
f) Emergencia en la Sala	5
g) Emergencia en las Circulaciones	10
X.-EDIFICIOS PARA ESPECTACULOS DEPORTIVOS	
a) Circulaciones	100
b) Sanitarios	100
c) Emergencia en las Circulaciones	10
XI.-TEMPLOS	
a) Altar y Retablos	600
b) Nave Principal	100
c) Sanitarios	100
XII.-ESTACIONAMIENTOS	
a) Entrada	150
b) Espacio para Circulación	50
c) Espacio para Estacionamiento	20
d) Sanitarios	100
XIII.-GASOLINERAS	
a) Acceso	15
b) Áreas para Dispensarios de gasolina	300
c) Área de Servicio	30
d) Sanitarios	100
XIV.-FERIAS Y APARATOS MECANICOS	
a) Circulaciones	100
b) Sanitarios	100

Tabla 19. Niveles de iluminación de acuerdo al uso de la construcción (continuación) (RCMER, 2004)

En general, en todos aquellos edificios o construcciones de cualquier tipo o uso, destinados a funcionar como un centro de trabajo, se deberá respetar los niveles de alumbrado establecidos en la norma NOM-025-STPS-1999, “Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo”

Para el caso de los edificios para comercios y oficinas, educación, hospitales y clínicas, hoteles y moteles, restaurantes y cafeterías y establecimientos comerciales con cargas conectadas mayores a 20KW y ampliaciones mayores a 20 KW en edificios ya existentes se deberá cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-1995, Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales aplicable al alumbrado en exteriores e interiores de los locales listados.

Para el caso de estacionamientos públicos abiertos o estacionamientos privados abiertos con acometida independiente de un edificio, también se deberá cumplir con lo previsto en la Norma Oficial Mexicana NOM-013- ENER-1996, Eficiencia Energética en Sistemas de Alumbrado para vialidades y exteriores de edificios.

5.1.2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Para entender las NOM hay que pensar en esa figura omnipresente pero poco tangible del Estado, que entre otras funciones, tiene la de cuidar sus propios “bienes”, ya sean bosques, aguas, selvas, fauna, pero sobre todo a sus ciudadanos. Las NOM tienen como principal objetivo prevenir los riesgos a la salud, la vida y el patrimonio y por lo tanto son de observancia obligatoria (PROFECO, 2013).

La Normatividad Mexicana es una serie de normas cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o físicas, sobre todo los de uso extenso y fácil adquisición por el público en general, poniendo atención en especial en el público no especializado en la materia, de estas normas existen dos tipos básicos en la legislación mexicana, las Normas Oficiales Mexicanas llamadas Normas NOM y las Normas Mexicanas llamadas Normas NMX, de las cuales solo las NOM son de uso obligatorio en su alcance y las segundas solo expresan una recomendación de parámetros o procedimientos, aunque si son mencionadas como parte de una NOM como de uso obligatorio su observancia es a su vez obligatoria

5.1.2.1 NORMAS DE LA SECRETARIA DE ENERGÍA (SENER)

Es de vital importancia enmarcarse en esta parte pues es donde se muestran aquellas Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Secretaría, las cuales están clasificadas por la materia que regulan; publicadas en el Diario Oficial de la Federación (ENERGIA, s.f.)

En la Secretaría de Energía se integraron cinco Comités de Normalización, que son los encargados de participar en todo el proceso de elaboración de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes a las siguientes materias:

1) ELECTRICIDAD

2) EFICIENCIA ENERGÉTICA

3) EFICIENCIA TÉRMICA

4) HIDROCARBUROS

5) GAS NATURAL

6) SEGURIDAD NUCLEAR

5.1.2.2 NORMAS DE LA SECRETARÍA DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL (STPS)

Son una serie de normas cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas de diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas físicas y/o morales, que al igual que las de la Secretaria de Energía, tienen distintos rubros de aplicación, como seguridad en el trabajo, contraincendios, grúas y montacargas, maquinaria, sustancias inflamables, combustibles, ruido, ventilación, vibraciones, etc., siendo obligatoria su aplicación en todo el territorio (Tabla 20).

Número	Título de la norma
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios
NOM-004-STPS-1999	Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2000	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas

Normas de Salud:

Número	Título de la norma
NOM-010-STPS-1999	Contaminantes por sustancias químicas
NOM-011-STPS-2001	Ruido
NOM-012-STPS-2012	Radiaciones ionizantes
NOM-013-STPS-1993	Radiaciones no ionizantes
NOM-014-STPS-2000	Presiones ambientales anormales
NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas o abatidas
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones
NOM-025-STPS-2008	Iluminación

Normas de Organización:

Número	Título de la norma
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal
NOM-018-STPS-2000	Identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas
NOM-019-STPS-2011	Comisiones de seguridad e higiene
NOM-021-STPS-1994	Informes sobre riesgos de trabajo
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad
NOM-028-STPS-2004	Seguridad en procesos de sustancias químicas
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud

Normas Específicas:

Número	Título de la norma
NOM-003-STPS-1999	Plaguicidas y fertilizantes
NOM-007-STPS-2000	Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas agrícolas
NOM-008-STPS-2001	Aprovechamiento forestal maderable y aserraderos
NOM-016-STPS-2001	Operación y mantenimiento de ferrocarriles
NOM-023-STPS-2012	Trabajos en minas subterráneas y a cielo abierto
NOM-031-STPS-2011	Construcción
NOM-032-STPS-2008	Minas subterráneas de carbón

Tabla 20. Normas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social
Fuente: http://www.stps.gob.mx/

Siendo así, la única norma que nos acontece en esta investigación postulada por la Secretaria de Trabajo y Previsión social se encuentra en el apartado de salud siendo la **NOM-025-STPS-2008. "Condiciones de iluminación en los centros de trabajo"**

La cual tiene como objetivo establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores. Aplicándose en los centros de trabajo que por la naturaleza de las actividades se reuniera de fuentes de luz en el plano y área de trabajo.

En esta Norma se determinan los niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo, aquí se diferencian las áreas de circulación y las áreas de trabajo. Se establece como mínimo 100 lux para circulación en interiores como pasillos, 300 lux para oficinas en general y 500 lux si las tareas a realizar requieren alta definición de detalles como dibujo, computo o laboratorios (Tabla 21) (Secretaria del Trabajo y Prevision Social, 2008).

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Areas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2,000

Tabla 21. Niveles mínimos de iluminación de acuerdo a la tarea visual del puesto de trabajo

Fuente: http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf

Así mismo se hace una propuesta para tener un reconocimiento de las condiciones de iluminación en determinado espacio, considerando aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a

los puestos de trabajo, asimismo, identifica aquéllas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento.

Para determinar las áreas y tareas visuales de los puestos de trabajo debe recabarse y registrarse la información del reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas de trabajo, así como de las áreas donde exista una iluminación deficiente o se presente deslumbramiento y, posteriormente, conforme se modifiquen las características de las luminarias o las condiciones de iluminación del área de trabajo.

A partir de los registros del reconocimiento, se debe realizar la evaluación de los niveles de iluminación en las áreas o puestos de trabajo, determinando el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes que por su cercanía al trabajador afecten las condiciones de iluminación comparándolo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la Tabla 22.

Concepto	Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, K_f
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

Nota: Se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (K_f) supere los valores establecidos en la Tabla 2.

Tabla 22. Niveles Máximos permisibles del factor de reflexión (NOM-025 STPS)

La evaluación de los niveles de iluminación debe realizarse en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación, se puede hacer por áreas de trabajo, puesto de trabajo o una combinación de los mismos.

Si en el resultado de la evaluación de los niveles de iluminación se detectaron áreas o puestos de trabajo que deslumbren al trabajador, se deben aplicar medidas de control para evitar que el deslumbramiento lo afecte. Si en el resultado de la medición se observa que los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o las tareas visuales están por debajo de los niveles indicados en la Tabla 19.1 o que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la Tabla 20, se deben adoptar las medidas de control necesarias, entre otras, dar mantenimiento a las luminarias, modificar el sistema de iluminación o su distribución y/o instalar iluminación complementaria o localizada. Para esta última medida de control, en donde se requiera una mayor iluminación, se deben considerar los siguientes aspectos:

a) Evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;

b) Seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;

c) Evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad, y

d) Evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.

5.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS. UNA COMPARACIÓN INTERNACIONAL

Los niveles de iluminación indicados a continuación varían no solo según las actividades sino que además fluctúan entre diferentes países. Por otra parte, según el país a que se refiera, estas cambian en los niveles de iluminación recomendados desde 1930.

En este trabajo se presentan y compararan los niveles recomendados para algunas tareas seleccionadas en 20 países alrededor del mundo (Tabla 23).

Las recomendaciones de niveles de iluminación son efectuadas con el fin de mejorar la seguridad de los usuarios y varía de país a país y sobre todo de actividad a actividad.

La última edición de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North América), especifica valores para aproximadamente 250 actividades visuales que se realizan en interiores de edificios no residenciales y cerca de 300 específicas aplicaciones industriales, y un número similar de actividades y aplicaciones han sido propuestas en Europa por CEN (European Committee for Standardization, 1996).

Si se considera, a los fines de un primer análisis, que todos los otros factores se mantuvieron constantes, los cambios en las recomendaciones de los niveles de iluminación interior en los edificios no residenciales corresponden a la necesidad de ahorrar energía. Por ejemplo, los niveles recomendados en URSS se incrementan en un factor de 10 o más desde 1930, Contrariamente, los niveles en muchos países han declinado en un factor de dos o tres veces desde la crisis energética de los 70 (Pattini, 2006).

Las recomendaciones de niveles de iluminación tienden a ser más específicas con el tiempo. Algunos países registran valores muy detallados para algunas aplicaciones y generales para otras, por ejemplo Japón, especifica 40 rangos diferentes para comercios y solo cuatro para escuela.

Los países varían considerablemente en la frecuencia con que ellos revisan sus recomendaciones y sus niveles de iluminación. Por un período de más que cuatro décadas (1948-1990), Suecia no cambio sus niveles de iluminación recomendados, para la iluminación genera en oficinas, mientras que Alemania la cambió seis veces. Bélgica no cambió sus recomendaciones entre 1964 y 1992. En Finlandia, la primera recomendación no fue publicada hasta 1971, y en Argentina hasta 1972 (Pattini, 2006).

En la tabla 23 se muestra una recopilación de niveles de iluminación recomendados a nivel mundial en oficinas, aulas, hospitales e industrias de fuentes como manuales de iluminación, normas internacionales y publicaciones (Mills, E. Y Borg, N., 1999).

	Argentina	Australia	Austria	Bélgica	Brasil	China	República Checa	Dinamarca	Finlandia	Francia
local										
OFICINAS	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux
general	200	160	500	300-750	750-1000	100-150-200	200-500	50-100	150-300	425
PC	750	160	160	500		150-200-300	300-500	200-500	150-300	250-425
plano de trabajo	300-750	320	320	500-1000		150	300-500		500-1000	425
lectura		320	320	500-1000	200-500	75-100-150	500	500	500-1000	425
dibujo	1000	600	600	1000	3000	200-300-500	750	1000	1000-2000	850
AULAS										
general	500	240	300-500	300-750	200-500	75-150	200-500	200	150-300	325
pizarrón	1000	240	300-500	750-1500	300-750		500	500	300-750	425
HOSPITALES										
áreas comunes	100	240	200		75-150	50-200	50-100	200		100
habitaciones con pacientes	100	-	100		100-300	150	100-200	50-200	50-100	50-100
sala de operaciones	700	500	1000		300-750		1000-2000		1000-2000	300-1000
mesa de operaciones	15000	-	20000-100000		10000-20000		10000-20000		30000-75000	20000-100000
INDUSTRIAS										
textil	400-700	800-1200	2000	1000-2000	750-1500	50-500	1000-2000	500-1000		850
electrónicas, test	1000-2000	600	1500	1000-2000	3000-5000	200	1000-2000	500-1000		625-1750

local		Alemania	Japón		Holanda	Suecia	Suiza	UK	USA	URSS	CE
OFICINAS		lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux
general		500	300-750	200	100-200	100	500	500	200-300-500	300	500
pantalla de video		500	300-750		500	300-500	300-500	300-500	300	200	500
plano de trabajo		500	300-750	600	400-500	300	300	500	200-300-500	300	500
lectura			300-750	900	400	500	500	300	200-300-500	300	500
dibujo		750	750-1000	1100	1600	1500	1000	750	1000-1500-2000	500	750
AULAS											
general		300-500	200-750	400	500	300-500	300-500	300	200-300-500	300	300-500
pizarrón		300-500	300-1500	900	500	500	300-500	300	500-750-1000	500	500
HOSPITALES											
áreas comunes		300-500	300-1500	900	500	500	300-500	300	500-750-1000	500	500
habitaciones con pacientes		200	150-300	60	200	150	300	30-50	100-150-200	150	200
sala de operaciones		100-300	100-200	60-200	150	150	100-300	30-50	50-75-100	300	100
mesa de operaciones		1000	750-1500	600	2000	750	1000	400-500	1000-1500-2000	400	1000
INDUSTRIAS											
textil		20000-100000	20000	14000	100000		10000	10000-50000		10000-50000	10000-100000
electrónicas, test		750	750-1500	600-1100	500	750-1000	750-1000		1000-1500-2000	1500	1500

Tabla 23. Niveles recomendados de iluminancia horizontal (lux) para diferentes actividades en edificios no residenciales destinados a oficinas, escuelas, hospitales e industria (Mills, E. Y Borg, N. 1999)

Las anteriores tablas muestra los valores indicados según diferentes países para los valores recomendados de iluminación, en todos los casos se refieren a iluminación sobre plano horizontal,

excepto para los indicados sobre pizarrones en aulas que son indicados en iluminación sobre plano vertical.

En algunos casos los valores son recomendados en un rango y en el caso de oficinas, puesto de trabajo con computadoras (PC) el rango indica ¨recomendado-máximo¨.

Como podemos observar existe un rango amplio de niveles lumínicos recomendados dependiendo de la tarea, el lugar y de la norma a aplicar.

Análisis comparativo por local y actividad en aulas.

1-General:

Este nivel se refiere a la cantidad de iluminación que llega a una superficie horizontal a la altura de un plano de trabajo (0.80m) que debe ser alcanzada en toda la superficie útil del local.

En la Figura 62, se muestran las comparaciones de niveles generales recomendados en aulas, vigentes a la fecha (Mills, E. Y Borg, N., 1999).

El valor más bajo lo registra China (50-150 lux), y el más alto Japón (200-750 lux). El valor más próximo al promedio lo presenta México (400 lux). Argentina se ubica entre el valor medio de 500 lux.

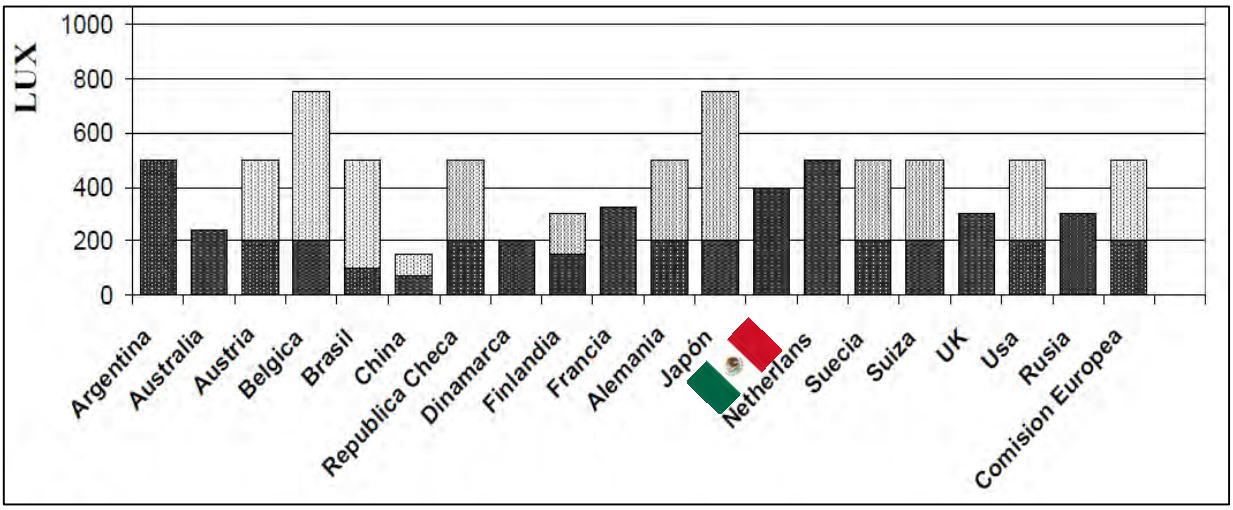


Figura 62. Comparación de niveles de iluminación recomendados por distintos países para aulas (Mills, E. Y Borg, N. 1999)

2- Pizarrón:

En el caso particular de valores sobre pizarrones es en donde se presenta mayor dispersión por países de recomendaciones. Como se grafica en la Figura 63, llega a un máximo para Bélgica y Japón de 1500 lux, le siguen Argentina y México con 1000 y 900 lux respectivamente y un mínimo de 240 lux para Austria. En este caso China no presenta un valor recomendado para pizarrón, solo general de aulas.

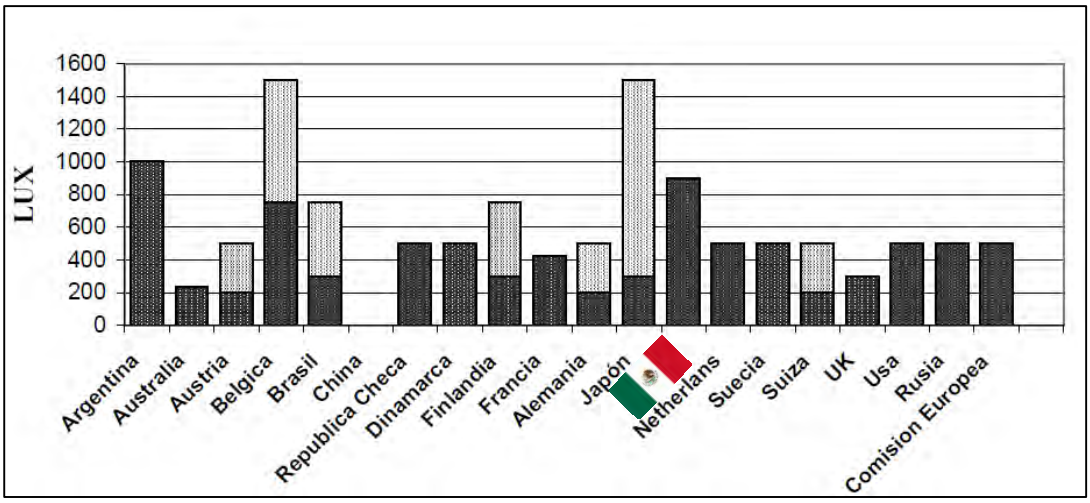


Figura 63. Comparación de niveles de iluminación recomendados por distintos países para aulas (Mills, E. Y Borg, N. 1999)

Evolución histórica de los valores recomendados por los distintos países:

Ha habido un incremento de los valores recomendados a lo largo de los años, desde 1930 hasta principios de 1970. En URSS, para la iluminación general de oficinas, partió de 25 lux en 1930, llegando a 300 lux en 1979. En términos generales las recomendaciones partieron de valores bajos, se incrementaron hasta el principio de los 70, (Figura 64) volviendo a bajar en las recomendaciones vigentes en la actualidad. En Alemania, Suiza e Inglaterra, donde tienen una temprana tradición en normalización, los niveles actuales para algunas actividades son comparables a las anteriores a 1960.

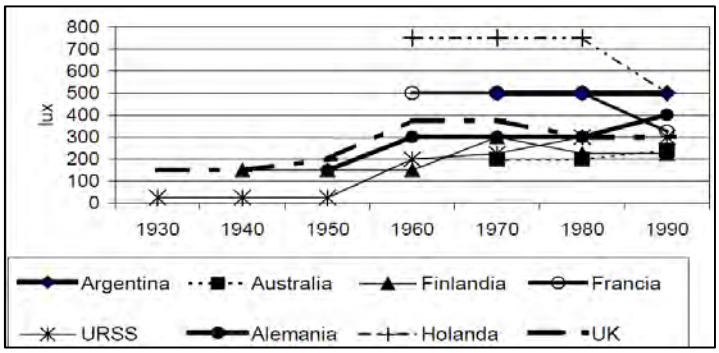


Figura 64. Niveles de iluminación recomendados en aulas. Variación temporal (Mills, E. Y Borg, N. 1999)

Es importante destacar que era esperable encontrar un menor rango de diferencia de valores recomendados entre los distintos países comparados para cada una de las actividades de los locales de edificios no residenciales, justamente porque se pretendía comparar igual actividad visual.

La naturaleza de la dinámica en la recomendación de niveles de iluminación es el resultado de varios factores. En parte de los cambios en el punto de vista de la cantidad de luz necesaria para realizar una determinada tarea, durante más de 20 años los investigadores han trabajado (especialmente en oficinas) sobre aspectos de la iluminación como preferencias y efectos no visuales de la luz que son aquellos que no están directamente relacionados con la visión.

Estudios sobre preferencias de niveles de iluminación muestran valores significativamente mayores a los recomendados en las normas (Tonello, G., Sandoval, J., 1999) dependiendo de la estación del año y la contribución de la luz natural y parecen corresponderse a estimulaciones biológicas y no a estudios de preferencia en los que generalmente están basadas las normas.

Los resultados de investigaciones sobre la influencia de la luz en el comportamiento de los usuarios considerando los efectos no visuales de la luz en el bienestar de los mismos, indica que los niveles recomendados y la demanda energética puede variar considerablemente (Brainard, G. 1995).

La energía utilizada está en función no solo de los niveles de iluminación, sino también en la eficiencia de las luminarias y en las horas de uso, de la variación espacial y del aprovechamiento efectivo de la luz natural cuando esta está disponible.

En la Argentina, las primeras normas (IRAM AADL J20-05 y J20-06) que establecen niveles de iluminación para interiores fueron realizadas entre 1969 y 1973, basada en normas de Estados Unidos, Alemania y UK, cuando estas aún no hacían las reducciones producidas después de la crisis petroleras, la norma nacional fue reeditada en 1996 sin cambios en sus niveles recomendados. Sin embargo, los últimos estudios realizados en nuestro país indican que los niveles esperados de confort son distintos si se trata de iluminación natural o de iluminación.

5.3 NIVELES DE ILUMINACIÓN AL PLANO DE TRABAJO RECOMENDADOS PARA LA REPÚBLICA MEXICANA POR LA SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIEROS EN ILUMINACIÓN (SMII)

Después de cada nombre de local o nombre de anexo de local, el primer número corresponde a la recomendación de iluminancia media de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America IESNA, 1999), (Sociedad de Ingenieros en Iluminación de Norte América, por sus siglas en inglés) El segundo número corresponde a la recomendación de la SMII. La iluminancia está dada en luxes (lx). Si el enunciado no tiene nivel significa que tiene subdivisiones o que otros espacios pertenecen a él (para los

cuales si aparece el nivel medio de iluminación). La IESNA recomienda como iluminancia máxima y mínima factores de 1.25 y 0.85 veces, respectivamente, de la iluminancia media (Tabla 24).

"Oficinas, Escuelas, Edificios Públicos"	"Altar, retablos" '1000, 600
"Auditorios"	"Coro y presbiterio" '300, 200
"Para exhibiciones" '300, 200	"Púlpito (iluminación adicional)" '500,300
"Para asambleas" '150, 100	"Nave principal de la Iglesia (iluminación general)" '150, 100
"Para actividades sociales" '50, 50	"Ventanales emplomados:"
"Bancos"	"Color Blanco" '500, 300
"Vestíbulo (Iluminación General)" '500, 300	"Color mediano" '1000, 600
"Pagadores, contadores y recibidores" '1500, 900	"Color oscuro" '5000, 3000
"Gerencia y correspondencia" '1500, 900	"Ventanal muy denso" '10000, 6000
"Bibliotecas"	"Mercados y otras tiendas"
"Sala de lecturas" '700, 400	"Bodegas y cuartos de almacenamiento:"
"Anaqueles" '300, 200	"Activos" '200, 100
"Reparación de libros" '500, 300	"Inactivos" '50, 50
"Archiveros y catalogar" '700, 400	"Carnicerías y pescaderías" '500, 300
"Mesa checadora de salidas y entradas de libros" '700, 400	"Cocinas (áreas de trabajo)" '500, 300
"Clubes"	"Comedores" 300, 200
"Salas de descanso y de lectura" '300, 200	"Cuartos de máquinas" '300, 200
"Correos"	"Ferreterías y accesorios eléctricos" '500, 300
"Vestíbulos, sobremesa" '300, 200	"Lavadoras para verduras y varios" '500, 300
"Correspondencia, selección, etc." '1000, 600	"Mercerías, vestidos y zapaterías" '500, 300
"Cortes de Justicia (o Tribunales)"	"Mueblerías y artículos para el hogar" '500, 300
"Areas de asiento (público" '300, 200	"Papelerías, libros y juguetes" '500, 300
"Areas de actividades propias de la corte" '700, 400	"Plataformas de descarga" '200, 100
"Edificios Municipales"	"Sanitarios y baños" '100, 100
"Bomberos y policía"	"Verduras, frutas, flores y plantas" '500, 300
"Policía"	"Museos (VER GALERÍAS DE ARTE)"
"Archivos de Identificación" '1500, 900	"Oficinas"
"Celdas y cuartos para interrogatorios" '300, 200	"Proyectos y diseños" '2000, 1100
"Bomberos"	"Contabilidad, auditoría, máquinas de contabilidad" '1500, 900
"Dormitorios" '200, 100	"Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia,
"Sala recreativa" '300, 200	archivado activo o continuo" '1000, 600
"Garage de carro bomba" '300, 200	"Archivado intermitente o discontinuo" '700, 400
"Escuelas"	"Sala de conferencias, entrevistas, salas de receso, archivos de poco uso
"Salones de clase" '700, 400	áreas de poca exigencia visual temporal" '300, 200
"Lectura de movimiento de labios (sordo-mudos), pizarrón, costura"	"Peluquerías y salones de belleza" '1000, 600
'1500, 900	"Teatros y cines"
"Galerías de Arte"	"Sala de espectáculos:"
"Iluminación General" '300, 200	"Durante intermedios" '50, 50
"Sobre pinturas (localizado)" '300, 200	"Durante exhibición" '1, 1
"Sobre estatuas y otras exhibiciones" '1000, 600	"Vestíbulo" '200, 100

Tabla 24. Niveles medios de iluminación recomendados por la SMII

5.4 LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED)

LEED por sus siglas en inglés "Leadership in Energy & Environmental Design" es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council).

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. En lo que sigue figura el contenido del LEED 2009, evalúa el acabado de un edificio según seis criterios principales: Parcelas sostenibles (26 puntos), eficiencia en el uso del agua (10 puntos), energía y atmosfera (35 puntos), materiales y recursos (14 puntos), calidad ambiental interior (15 puntos) innovación y diseño que se considera de bonificación (6 puntos) más otros 4 puntos por bonificación regional, siendo 100 puntos de base más 10 posibles totales (Figura 65).

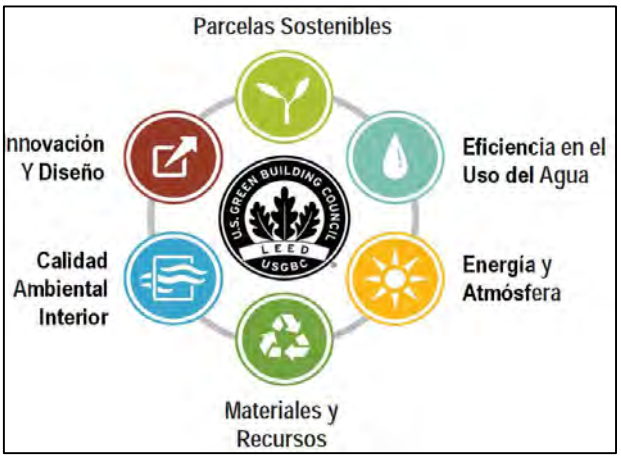


Figura 65. Criterios LEED
Fuente: http://www.81brent.org/why-leed/

El uso eficiente de la energía y calidad ambiental interior, para nuestro caso de estudio, es el valor que más puntúa (Tabla 25 y 26), ya que representa 1/3 de los potenciales puntos a obtener, y es bien sabido, ya que la industria de la construcción consume entre un 30% a 40% de la energía mundial. La generación de energías a partir de combustibles fósiles combustibles, impactan el medioambiente de diversas formas, comenzando por su extracción, transporte, refinamiento y distribución. Los edificios sustentables pueden enfrentar estos problemas de dos formas: reduciendo la cantidad de energía requerida para su funcionamiento y utilizando formas más benignas de energía. Entre mejor es el comportamiento energético de un proyecto, menores son sus costos operacionales. A medida que aumenta la competencia mundial por el suministro combustible disponible, el rango de retorno en medidas de eficiencia energética mejoran (Council, s.f.).

Energía y atmosfera **35 Puntos Posibles**

CRÉDITO	TÍTULO	NC	SCHOOLS	C & S
Prerrequisito 1	Commissioning Fundamental de los Sistemas Energéticos del Edificio	Necesario	Necesario	Necesario
Prerrequisito 2	Mínima Eficiencia Energética	Necesario	Necesario	Necesario
Prerrequisito 3	Gestión Fundamental de Refrigerantes	Necesario	Necesario	Necesario
Crédito 1	Optimización de la Eficiencia Energética	1-19 puntos	1-19 puntos	3-21 puntos
Crédito 2	Energía Renovable en el Sitio	1-7 puntos	1-7 puntos	4 puntos
Crédito 3	Commissioning Mejorado	2 puntos	2 puntos	2 puntos
Crédito 4	Gestión de Refrigerantes Mejorado	2 puntos	1 punto	2 puntos
Crédito 5	Medición y Verificación	3 puntos	2 puntos	N/A
Crédito 5.1	Medición y Verificación – Edificio Base	N/A	N/A	3 puntos
Crédito 5.2	Medición y Verificación – Submedición de arrendatarios	N/A	N/A	3 puntos
Crédito 6	Energía verde	2 puntos	2 puntos	2 puntos

NC= NEW CONSTRUCTION / NUEVAS CONSTRUCCIONES C&S= CORE AND SHELL / NUCLEO Y ENVOLVENTE SCHOOLS= COLEGIOS

Tabla 25. Puntos a obtener en Energía y atmósfera
Fuente: http://www.chilegbc.cl/user/estudios/EA.pdf

Prerrequisito 1 - Commissioning Fundamental de los Sistemas Energéticos del Edificio

Cuyo objetivo es verificar y asegurar que los elementos y los sistemas fundamentales, del edificio se diseñan, instalan y calibran para funcionar tal y como se pretenden

Prerrequisito 2 - Rendimiento Energético Mínimo

Especifica que se debe de diseñar el edificio para cumplir con la norma 90.1-1999 de ASHRAE/IESNA o los codigos locales de energia, codigo local de energia, el que sea mas restrictivo, teniendo en cuenta lo siguiente:

Consideraciones de Diseño:

• Una envolvente mal diseñada con un sistema HVAC de alta tecnología, no es, íntegramente, una medida eficiente o costo-efectiva. También, antes de mirar las cargas y sistemas de HVAC, mire al diseño de la envolvente así como ventanas para eficiencia energética, muros y cubiertas. El sistema de HVAC también puede ser una buena forma de mejorar el rendimiento, pero primero, el reducir las cargas para lograr equipos más pequeños puede derivar en aun mayores ahorros operacionales.

• Algunas reglas para reducir el uso de la energía:

- Agrupar espacios similares para reducir perdidas por distribución.

- Como promedio, utilice un porcentaje de acristalamiento bajo el 40%.

- Utilice un porcentaje de acristalamiento bajo el 20% para fachadas oriente y poniente, para reducir ganancias solares por bajos ángulos solares, y problemas de encandilamiento.

- Reducir ganancia solar directa a través de orientación, sombreadores y/o geometría del edificio.

- Distribuir las cargas de calefacción y refrigeración de forma uniforme a través de las fachadas para un tamaño más pequeño de los sistemas.

- Diseñar una envolvente hermética y bien aislada para reducir las cargas de calefacción y mejorar el rendimiento del sistema HVAC.

- Utilizar sistemas de calefacción y refrigeración correctamente dimensionados.

- Considere generación de energía renovable In-Situ.

• Considere un amplio rango de estrategias de eficiencia energética y herramientas, incluyendo diseño solar pasivo, luz natural, reducción de requerimientos de refrigeración y ventilación natural para reducir cargas de calefacción y refrigeración.

• Utilice diseño de la envolvente y estrategias de diseño pasivo para reducir las cargas de refrigeración y calefacción, antes de realizar un diseño detallado de los sistemas de HVAC. Las estrategias de diseño pasivo pueden reducir cargas de calefacción y refrigeración, entregando al ingeniero más opciones, como incluir sistemas más pequeños o innovadores.

• La reducción de cargas requiere esfuerzos coordinados por todos los miembros del equipo de diseño incluyendo al arquitecto, diseñador de iluminación, diseñador interior, coordinador de información tecnológica y el mandante.

- Los arquitectos pueden escoger una óptima orientación del edificio, elegir un sistema apropiado de envolvente y diseñarlo para ser hermético, y configurar el programa para utilizar estrategias de diseño pasivo al máximo posible.

Crédito 1 - Rendimiento Energético Optimizado

Con el propósito de alcanzar niveles en aumento de eficiencia energética por encima de la norma del pre-requisito para reducir los impactos medioambientales asociados con el uso excesivo de energía, y recomienda las consideraciones de diseño del prerrequisito 2: Rendimiento Energético Mínimo.

Calidad ambiental interior **15 Puntos Posibles**

Prerreq 1	**Mínima Eficiencia CAI**
Prerreq 2	**Control del Humo de Tabaco Ambiental (HTA)**
Crédito 1	**Seguimiento del Dióxido de Carbono (CO_2)**
Crédito 2	**Efectividad de la Ventilación**
Crédito 3.1	**Plan de Gestión de Construcción CAI,** Durante Construcción
Crédito 3.2	**Plan de Gestión de Construcción CAI,** Antes de Ocupación
Crédito 4.1	**Materiales de Baja Emisión,** Adhesivos y Sellantes
Crédito 4.2	**Materiales de Baja Emisión,** Pinturas
Crédito 4.3	**Materiales de Baja Emisión,** Moquetas
Crédito 4.4	**Materiales de Baja Emisión,** Madera Compuestas
Crédito 5	**Control Fuentes Interiores Prod. Químicos y Contaminantes**
Crédito 6.1	**Capacidad de Control de Sistemas,** Perímetro
Crédito 6.2	**Capacidad de Control de Sistemas,** No-Perimetro
Crédito 7.1	**Confort Térmico,** Cumplir con ASHRAE 55-1992
Crédito 7.2	**Confort Térmico,** Sistema Permanente de Seguimiento
Crédito 8.1	**Luz Natural y Vistas,** Luz Natural en el 75% de los Espacios
Crédito 8.2	**Luz Natural y Vistas,** Vistas para el 90% de los Espacios

Tabla 26. Puntos a obtener en calidad ambiental interior
Fuente: http://www.chilegbc.cl/user/estudios/EA.pdf

Crédito 8.1 – Luz natural y vistas: Luz natural en el 75 % de los espacios 1 punto

Propósito:

Proporcionar una conexión entre los espacios interiores y los exteriores para los ocupantes del edificio a través de la introducción de luz natural y vistas dentro de las áreas habitualmente ocupadas del edificio

Requisitos:

Lograr un mínimo Factor de Luz Natural del 2% (excluyendo toda la penetración directa de luz solar) en el 75% de todo el espacio ocupado para tareas criticas visuales. Los espacios excluidos de estos requisitos incluyen salas de copias, áreas de almacén, salas de plantas mecánicas, lavandería y otras áreas de apoyo a la ocupación. Otras excepciones para los espacios donde las tareas se podrían impedir por el uso natural se consideraran según sus características.

Tencologias y estrategias potenciales ecomendados:

Diseñar el edificio para maximizar la luz natural en el interior. Se consideran estrategias como la orientación del edificio, elementos de sombra, un perímetro mayor del edificio, elementos de sombra permanentes interiores y exteriores, dispositivos de sombra permanentes interiores y exteriores, acristalamiento de alta eficiencia y sensores de luz fotointegrados. Pronosticar la luz natural por cálculos o estrategias de modelos de iluminación con luz natural con un modelo físico o informático para valorar los niveles de candelas/m2 y los factores de luz natural logrados.

Crédito 8.2 – Luz natural y vistas: Vistas para el 90 % de los espacios 1 punto

Propósito:

Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre los espacios interiores y los exteriores a través de la introducción de luz natural y vistas en las áreas habitualmente ocupadas del edificio.

Requisitos:

Lograr una línea directa de visión a través de los cristales para los ocupantes del edificio en el 90 % de todos los espacios ocupados habitualmente. Ejemplos de excepción, incluyen salas de copias, áreas de almacenamiento, mecánicas, lavandería y otras áreas de apoyo de baja ocupación. Otras excepciones serán consideradas según sus características

Tencologias y estrategias potenciales ecomendados:

Diseñar el edifico para maximizar las oportunidades de visión.

Como vimos LEED es un sistema para certificar Proyecto, Construcción y Operaciones en edificios que pretendan ser más sostenibles. Para obtener la certificación LEED se ha de conseguir una serie de puntos asignados a diferentes aspectos relacionados con la eficiencia energética y la ejecución del proyecto, pudiendo obtener en base a esto lo siguiente (Figura 66) (Council, s.f.):

Número de puntos requeridos:

Certificado: 40 – 49 puntos

Plata: 50 – 59 puntos

Oro: 60 – 79 puntos

Platino: 80 puntos o más

Figura 66. Certificaciones LEED
Fuente: https://www.go-gba.org/resources/leed/

5.5 ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY (IES)

IES por sus siglas en Ingles **"Illuminating Engineering Society"** cuyo objetico es mejorar el ambiente iluminado con conocimiento y al traducir ese conocimiento en acciones que beneficien a la población. Los miembros de la IES son considerados como profesionales en su industria y se respetan a nivel mundial por sus conocimientos, pudiendo clasificar el nivel de luminancia de acuerdo a las tareas visuales a realizar y su complejidad como se puede ver a continuación.

***ORIENTACIÓN Y TAREAS VISUALES SIMPLES.** El desempeño visual no es considerablemente importante. Estas Tareas o actividades se relacionan con ESPACIOS PÚBLICOS donde lectura y análisis visuales detallados son ocasionales. Los niveles más altos son recomendados para tareas donde el desempeño visual es ocasional (Tabla 27).

A	Espacios públicos	30 lx	(3fc)
B	Orientación simple con vistas cortas	50 lx	(5fc)
C	Espacios de trabajo, donde se dan tareas visuales simples	100 lx	(10fc)

Tabla 27. Niveles de iluminación por el IES
Fuente: http://www.youblisher.com/p/98177-NIVELES-DE-ILUMINACION/

***TAREAS VISUALES FRECUENTES.** El desempeño visual es importante. Estas tareas son comunes en espacios Comerciales, Industriales, y Residenciales. Los niveles recomendados de iluminancia difieren según las características de las tareas visuales a ser iluminadas. Los niveles más altos de estas

categorías se recomiendan para tareas visuales con elementos críticos a bajo contraste y tamaños pequeños (Tabla 27).

D	Realización de tareas visuales de alto contraste y tamaños grandes a distinguir	300 lx	(30fc)
E	Realización de tareas de alto contraste y tamaños pequeños, o tareas visuales de bajo contraste y tamaños grandes a distinguir	500 lx	(50fc)
F	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaños pequeños a distinguir	1000 lx	(100fc)

Tabla 27. Niveles de iluminación por el IES (continuación)
Fuente: http://www.youblisher.com/p/98177-NIVELES-DE-ILUMINACION/

***TAREAS VISUALES ESPECIALES.** Aplica donde el desempeño visual es de importancia crítica, estas tareas son altamente especializadas, incluyendo aquellas con muy pequeño o muy bajo contraste para visualizar elementos críticos. Los niveles de iluminancia recomendados deberán ser logrados con la ayuda de luz complementaria. Los niveles de iluminancia más altos recomendados serán también logrados aproximando la fuente de iluminación a la tarea a desarrollar (Tabla 27).

G	Realización de tareas visuales próximas al umbral o límite de desempeño visual	3000 a 10000 lx	(3000-10000 fc)

Tabla 27. Niveles de iluminación por el IES (continuación)
Fuente: http://www.youblisher.com/p/98177-NIVELES-DE-ILUMINACION/

5.6 NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES DE LOS PLANTELES EDUCATIVOS DEL INIFED

La elaboración de los proyectos de los planteles educativos estará basada en los requerimientos proporcionados por el área de planeación educativa de la SEP, en cuanto a ubicación, plan maestro y etapas de desarrollo (INIFED, 2013).

Normatividad:

Los proyectos del INIFED cumplen y están basados con las disposiciones legales y reglamentarias siguientes:

a) Ley de Obras Públicas y su Reglamento.

b) Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

c) Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural.

d) Reglamento de Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salud.

e) Reglamento de Higiene y Seguridad.

f) Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad.

g) Reglamento de la Distribución de Gas de la Dirección General de Energía de la SEMIP.

h) Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y Normas Técnicas Complementarias.

i) Reglamento de Construcciones de la Entidad Federativa en la que se vaya a realizar la obra.

j) Normas Oficiales Mexicanas

Proyecto arquitectónico:

El proyecto arquitectónico que exige el INFED deberá ser la representación o expresión gráfica de la solución a los requerimientos proporcionados por el área de planeación educativa de la SEP (INIFED, 2013).

En su realización comprenderá dos etapas:

a) Anteproyecto

B) Proyecto definitivo

Como requisito en sus Planos de conjunto y localización incluye: Croquis de las calles de la población en las que se localice el terreno, indicando linderos y servicios públicos; planos topográficos del terreno con curvas de nivel, la ubicación de los edificios, ejes principales y cotas de los distintos niveles.

Mientras que en el Plan Maestro o Planta de Conjunto, se contemplarán: la zonificación, orientación y posición en el terreno de los espacios educativos; los ejes principales, distancias entre edificios, bancos

de nivel y puntos de conexión a los servicios de drenaje, agua potable y energía eléctrica; las obras exteriores: plaza cívica, campos deportivos, zonas ajardinadas, tanque elevado, cisterna, subestación eléctrica, alumbrado exterior, niveles, taludes, andadores, rampas para discapacitados en silla de ruedas, pasos a cubierto, accesos y estacionamientos.

Requisitos mínimos de iluminación:

Los locales escolares, en cuanto a iluminación natural y artificial deberán cumplir con los siguientes requisitos.

Iluminación natural:

La cantidad de luz natural dentro de un local depende, de la iluminación exterior, de la superficie, posición y estructura de las ventanas y eventualmente, de obstáculos exteriores colocados en el ángulo de penetración de la luz, como árboles y construcciones.

La intensidad luminosa durante el día, puede variar de 100 luxes a 3,000 luxes.

Se denomina cociente diurno a la siguiente expresión:

$$D = \frac{intensidad\ luminosa\ interior}{intensidad\ luminosa\ exterior}$$

Ecuación 7. Ecuación de cociente diurno (INIFED, 2013)

Expresada en por ciento (%)

La iluminación cenital proporciona el cociente diurno más alto y varía de acuerdo con el ángulo de penetración de los rayos solares (Figura 67).

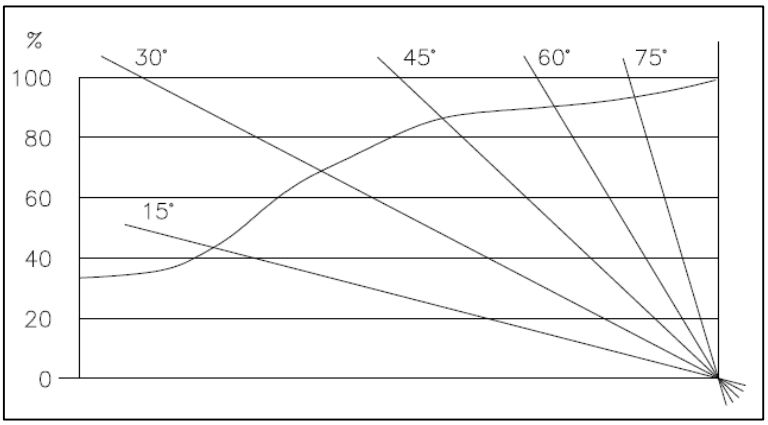


Figura 67. Variaciones del cociente diurno (INIFED, 2013)

Los cocientes diurnos mínimos recomendables se muestran en la Tabla 28:

COCIENTES DIURNOS MÍNIMOS	
TIPO DE ACTIVIDAD	COCIENTE
Actividades escolares normales	2%
Clases de primaria y secundaria	4%
Laboratorios y talleres de máquinas	6%
Talleres de dibujo y costura	10%

Tabla 28. Cocientes diurnos mínimos recomendables (INIFED, 2013)

La tabla anterior nos muestra claramente, que aquellos lugares donde se requiera mayor precisión en el trabajo de acuerdo a las actividades realizadas se debe de poseer un cociente diurno más alto.

La calidad de la luz es tan importante como la cantidad que se recibe dentro de un local. Se obtiene mediante una difusión uniforme evitando contrastes bruscos y deslumbramientos. Todo esto debido a que dentro del espacio arquitectónico en cuestión cuente con mayor calidad de luz y no interfiera con las actividades diarias.

Se recomienda de manera general colores claros y de preferencia no deben ser brillantes. Puesto que el deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes intensas dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador. El deslumbramiento causado por la reflexión en superficies es conocido como deslumbramiento reflejado (Pattini, 2006). La ganancia solar directa en fachadas verticales es un potencial causa de deslumbramiento, para ello se puede controlar con varios sistemas de iluminación entre ellos, con un alero fijo o con sombra vegetal (hasta cierto punto). Para evitar también el deslumbramiento y en consecuencia las molestias visuales, que produce el ingreso del sol directo a través de la ventana puede controlarse con diversos dispositivos de control lumínico. Así mismo el color es un factor que influye directamente y puede ser detonador de acuerdo a su exposición a la luz como se observa en la Tabla 29:

PORCENTAJE EN COLORES QUE LAS SUPERFICIES REFLEJAN	
COLOR	PORCENTAJE
Blanco	75%
Amarillo claro	60%
Verde claro	50%
Rosa	45%
Azul claro	40%
Gris claro	35%
Naranja	25%
Gris	20%
Verde oscuro	10%
Rojo oscuro	10%
Azul oscuro	10%
Negro	0 a 3%

Tabla 29. Porcentaje en colores que las superficies reflejan (INIFED, 2013)

La iluminación principal de las aulas y demás locales destinados a la enseñanza deberá provenir del lado izquierdo de los alumnos y estar preferentemente orientada al norte. Para asegurar una iluminación natural uniforme, la superficie de ventanas debe ser, por lo menos, de un tercio del área del local.

La iluminación artificial:

Se deberá cumplir con las exigencias cuantitativas y cualitativas de la iluminación natural. El parámetro básico para determinar los niveles de iluminación artificial mínimos recomendables, se basa en la agudeza visual, confort y la edad de las personas.

Puesto que la necesidad de luz aumenta con los años, se hace necesario establecer una relación de aumento medio de luz necesario para la lectura de un libro con buena impresión. Si se considera que la luz necesaria para la lectura de un libro a los 40 años de edad es de 1 (400 luxes aproximadamente), para otras edades se necesita lo recomendado en la Tabla 30:

AUMENTO DE LUZ NECESARIA POR EDAD		
EDAD	NECESIDAD DE LUZ (LUXES)	
A los 10 años	1/3	133
A los 20 años	1/2	200
A los 30 años	2/3	266
A los 40 años	1	400
A los 50 años	2	800
A los 60 años	5	2000

Tabla 30. Aumento de luz necesaria por edad (INIFED, 2013)

De ahí que las intensidades mínimas recomendables para planteles educativos sean las que indica la tabla 31:

INTENSIDAD LUMÍNICA MÍNIMA PARA ESCUELAS	
ESPACIO	INTENSIDAD (LUXES)
Aulas	
Jardín de Niños	150
Escuelas Primarias	150
Escuelas Secundaria	175 a 250
Nivel Medio Superior	300 a 350
Talleres	
Carpintería, soldadura, electricidad, mecánica automotriz, corte y confección	400
Forja, tratamiento térmico, construcción	400
Máquinas-herramientas, electrónica	500
Locales especiales	
Gimnasio, cocina, lavandería	300
Administración, sala de profesores	350
Intendencia, archivo	150 a 200

Tabla 31. Intensidad lumínica mínima para escuelas (INIFED, 2013)

Laboratorios	
Geografía, historia, diseño, diseño artístico, música, trabajos manuales, bibliotecas, sala de lectura, examen médico	400
Salas de costura, diseño técnico, laboratorios de metrología y electrometría	500
Circulaciones	
Pasos cubiertos	50
Pasillos	70
Cubos de escalera	150
Espacios comunes	
Sala de Conferencias, cafetería ó restaurante	150
Vestíbulos	100 a 150
Locales de servicios	
Sanitarios, vestidores, baños, duchas, laboratorios	100

Tabla 31. Intensidad lumínica mínima para escuelas (continuación) (INIFED, 2013)

Orientación de los edificios:

Para climas tropicales y templados, la orientación conveniente es norte-sur y para climas fríos se recomienda la orientación oriente-poniente. Las circulaciones exteriores se protegerán del sol y las lluvias mediantes voladas o aleros. En edificios de un nivel éstos serán de por lo menos de 1.10 m y una altura mínima de 2.30 m. Para edificios de dos o más niveles, los volados en circulaciones exteriores serán de 2.25 m como mínimo (INIFED, 2013). Es recomendable auxiliarse de cortinas de árboles para reducir o filtrar la penetración de los rayos solares dentro de los locales destinados a la enseñanza.

5.7 COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE (CIE)

CIE, Abreviado generalmente por su nombre en francés Commission Internationale de l'éclairage es la autoridad internacional en la luz, la iluminación, el color y espacios de color. Fue establecido en 1913 como sucesora de la Comisión Internacional de Photométrie y se basa hoy en Viena, Austria. Cuando se habla de la calidad de la luz en un medio ambiente de trabajo surge: “¿Cuánta luz?” esta cuestión es la primera en preguntar y para ello hay recomendaciones en cuanto a lo que la iluminancia mínima debe ser. La Tabla 32 muestra algunos ejemplos del código CIE para Iluminación interior:

CATEGORIA	ILLUMINANCIA RECOMENDADA (LUX)			EJEMPLO
Areas generales donde no hay un uso	20	30	50	Areas publicas
Permanente o que no demandan de una	50	100	150	Espacios de breve estadia
alta visibilidad en el trabajo o tarea	100	150	200	Espacios que no estan en permanente uso
Iluminación general para el trabajo interior	200	300	500	Detalles facil de ver (operación de maquinas)
	300	500	750	Tareas visuales normales (oficinas)
	500	750	1000	Detalles dificil de ver (control de calidad)
Atla demanda de calidad en el trabajo	750	1000	1500	Tareas en un mayor rango de tiempo
	1000	1500	2000	Extremadamente atencion al detalle (ensambles)
	>2000			Tares especiales (cirugias)

Tabla 32. Iluminancia recomendados para lugares de trabajo

Fuente: http://www.new-learn.info/packages/clear/visual/people/performance/lux.html

Estas recomendaciones se derivan de pruebas de visibilidad. Son aplicables a las personas de edad mediana, Reflectancias medias en el entorno visual y para las tareas de prioridad normal, y como vemos el área de estudio en nuestro caso puede clasificarse dentro de la segunda categoría en tareas visuales normales en un rango de 300 a 750 lux. En caso de que las condiciones difieran, las iluminancias tendrán que ser ajustadas. La Tabla 33 muestra los factores de corrección para los casos en que los niveles de iluminancia recomendados normales no se pueden aplicar:

CASO	FACTOR DE CORRECCION		
	-1	0	1
Edad del usuario	40	40…55	>55
Reflectancia cerca circundante	>0.7	0.3…0.7	<0.3
Velocidad y precision de la percepcion	Sin importancia	Importante	Muy importante

Tabla 33. Ajuste de los niveles de iluminación recomendados
Fuente: http://www.new-learn.info/packages/clear/visual/people/performance/lux.html

Para cada uno de estos casos, los factores de corrección se suman. Si su total es de -3 o -2, se utiliza la iluminancia inferior. Para un factor de ponderación de -1, 0 o 1, no se debe aplicar ninguna corrección. Un total de 2 y 3 significa que las condiciones son bastante pobres, así que se necesita más luz. La mayoría de los países tienen sus interpretaciones específicas de estas recomendaciones CIE.

En las habitaciones que tienen usos múltiples, tales como una oficina general en la que los trabajos son bien hechos, no es necesario tener la mayor Iluminancia recomendada en toda la habitación. En cambio, la sala se puede dividir en diferentes áreas y por ello, a menudo es un desperdicio de iluminación con un sistema de iluminación general. Iluminación de la tarea localizada puede ser mucho más eficiente y la gente suele preferir porque pueden ajustarla de forma individual y a sus necesidades.

5.8 CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS (CIBSE)

Es el organismo profesional que existe para apoyar la ciencia, el arte y la práctica de la construcción de servicios de ingeniería, la Institución está organizada sobre una base regional - hay 16 regiones del Reino Unido y 3 en el extranjero, en la República de Irlanda, Australia y Nueva Zelanda y Hong Kong con los miembros CIBSE en 87 países fuera del Reino Unido. Hay representantes de los países en Sri Lanka, Emiratos Árabes Unidos y la China continental y uno nuevo para ser nombrado en Qatar (CIBSE, 2013).

The Society of Light and Lighting parte del CIBSE público en el año de 1991 y con un apéndice en el 2003 la guía No.5 llamada *"Lighting Guide 5: The visual environment in lecture, teaching and conference rooms"*- El entorno visual en salones de lectura, educación y de conferencias (The Society of Light and Lighting, 2013), indicando lo más sobresaliente en las tablas 34, 35 y 36.

Edificios educativos sin un perfil de uso conocido:

Grado de eficiencia energética	Espacios educativos, oficinas, industrias, almacenamiento (promediado todos los espacios de este tipo) Lumens en luminaria por circuito:	Otros espacios (promediado todos los espacios de este tipo) Lumens en luminaria por circuito:	Iluminación en exhibición (promediado todos los espacios de este tipo) Lumens en luminaria por circuito:
Pasa	55	55	22
Bueno*	67	67	26
Excelente**	88	88	35

Tabla 34. Grado de eficiencia en espacios educativos según el CIBSE, 2013

Edificios educativos con un perfil de uso conocido, o una sustitución en el uso se puede medir:

Table 2.2 'Pass' targets for lighting energy numeric indicator (LENI) for educational buildings (extract from BS EN 15193[22], Annex F, Table F.1, reproduced by permission of the British Standards Institution)

Quality class	Parasitic energy, P_{em} (kW·h/m² per year)	Parasitic energy, P_{pc} (kW·h/m² per year)	P_n (W/m²)	t_D (h)	t_N (h)	F_C		F_O		F_D		LENI (limiting value)			
						No constant illuminance	Constant illuminance	Manual control	Auto control	Manual control	Auto control	No constant illuminance		Constant illuminance	
												Manual control	Auto control	Manual control	Auto control
*	1	5	15	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	34.9	27.0	31.9	24.8
**	1	5	20	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	44.9	34.4	40.9	31.4
***	1	5	25	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	54.9	41.8	49.9	38.1

Table 2.3 'Good' targets for lighting energy numeric indicator (LENI) for educational buildings

Quality class	Parasitic energy, P_{em} (kW·h/m² per year)	Parasitic energy, P_{pc} (kW·h/m² per year)	P_n (W/m²)	t_D (h)	t_N (h)	F_C		F_O		F_D		LENI (limiting value)			
						No constant illuminance	Constant illuminance	Manual control	Auto control	Manual control	Auto control	No constant illuminance		Constant illuminance	
												Manual control	Auto control	Manual control	Auto control
*	1	5	10.5	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	25.9	20.4	23.8	18.8
**	1	5	14	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	32.9	25.5	30.1	23.5
***	1	5	17.5	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	39.9	30.7	36.4	28.1

Table 2.4 'Excellent' targets for lighting energy numeric indicator (LENI) for educational buildings

Quality class	Parasitic energy, P_{em} (kW·h/m² per year)	Parasitic energy, P_{pc} (kW·h/m² per year)	P_n (W/m²)	t_D (h)	t_N (h)	F_C		F_O		F_D		LENI (limiting value)			
						No constant illuminance	Constant illuminance	Manual control	Auto control	Manual control	Auto control	No constant illuminance		Constant illuminance	
												Manual control	Auto control	Manual control	Auto control
*	1	5	6	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	16.9	13.7	15.7	12.8
**	1	5	8	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	20.9	16.7	19.3	15.5
***	1	5	10	1800	200	1	0.9	1	0.9	1	0.8	24.9	19.6	22.9	18.1

Tabla 35. Indicador numérico de energía en iluminación (LENI) para espacios educativos (CIBSE, 2013)

Los principios de iluminación en la guía pasada siguen siendo válidos. Sin embargo, para los proyectos contemplados, las normas europeas deben seguir si es que existen. Por tanto, para este tipo de proyectos se debe seguir el calendario previsto en la norma EN 12464-1.

Así, el estándar europeo para la iluminación de los lugares de trabajo interiores, EN 12464-1, publicados como un Estándar británico en enero de 2003, contiene un calendario de iluminación y otras recomendaciones relacionadas con la lectura, educación y salas de conferencias. Este programa también aparece en el Código de Iluminación 2002 Europeo (CIBSE, 2003).

La información relevante en BS EN 12464-1 es la siguiente:

	Iluminancia Mantenida (lux)	Límite de deslumbramiento	IRC mínimo	Notas
Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	1
Classroom for evening classes and adult education, lecture halls	500	19	80	1
Black board	500	19	80	2
Demonstration table	500	19	80	3
Art rooms	500	19	80	
Art rooms in art schools	750	19	90	4
Technical drawing rooms	750	16	80	
Practical rooms and laboratories	500	19	80	
Handicraft rooms, teaching workshops	500	19	80	
Music practice rooms, language laboratories	300	19	80	
Computer practice rooms	300	19	80	5
Preparation rooms and workshops	500	22	80	
Entrance halls	200	22	80	
Circulation areas, corridors	100	25	80	
Stairs	150	25	80	
Student common rooms, assembly halls	200	22	80	
Teachers rooms	300	19	80	
Stock rooms for teaching materials	100	25	80	
Sports halls, gymnasiums, swimming pools	300	22	80	6
School canteens	200	22	80	
Kitchen	500	22	80	

Tabla 36. Niveles recomendados para espacios educativos por EN-12464-1 (CIBSE, 2013)

Notas:
1. La luz debe de ser controlable.
2. Prevenir reflexiones especulares.
3. En pasillos de lectura 750 lux.
4. El color de temperatura debería de ser mayor que 5000 K.
6. Ver CIBSE Lighting Guide LG4: Sports

5.9 CONCLUSIONES PARCIALES

Queda claro que cuando se evalúa la iluminación interior alcanzada por diferentes alternativas de diseño de un local, estas deben ser contrastadas con los niveles recomendados para la actividad visual a desarrollarse en el local, de modo que se asegure la realización de esta tarea con eficacia y confort, sin

embargo, las condiciones lumínicas varían de lugar a lugar, de persona a persona y es difícil el que solo consideren uso y genero del edificio para concluir las recomendaciones.

El presente capitulo mostro una comparación entre los niveles de iluminación recomendados por distintos países, incluido México, reglamentos y normas a nivel nacional e internacional. Se recolectaron datos de normas nacionales e internacionales, de manuales de iluminación y de material publicado por el INIFED.

El reglamento de construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias dentro de lo que cabe comparado con los demás en el país es el más completo, sin embargo, como se vio no considera muchos de los factores necesarios para realmente obtener confort lumínico y ahorro energético en las edificaciones, es obsoleto y estático, y lo que es peor aún es que en los demás estados como en el extremo norte del país, en Chihuahua, o el sureste en Mérida, sean muy parecido al de la capital cuando las condiciones lumínicas son totalmente distintas, realmente es deficiente que se incluya de esa manera en todos los estados de la república mexicana.

Las normas oficiales mexicanas de la secretaria de energía solo se enfocan en energía eléctrica siendo esta la prioridad en el ahorro energético, cuando es totalmente lo contrario como se vio en el capítulo 1, donde la mayor demanda de energía en el país en los estados centrales es en luminarias mientras que en el norte de la república es el aire acondicionado. Las normas oficiales de la STPS consideran solo niveles de luminancia recomendados pero no incluye muchos factores a considerar en el confort lumínico.

En cuanto a estándares internacionales como el IES, CIE o CIBSE o normas en Latinoamérica no llegan a un consenso en los niveles recomendados por actividad para iguales tipos de edificios o actividades, y es de obvias razones que sean distintas por sus propias necesidades.

Es de suma importancia que la iluminación natural sea integrada a la arquitectura, no solo por estética, sino para lograr condiciones verdaderas de confort lumínico y sobre todo de eficiencia energética, es necesario tener un punto de vista holístico e integral que considere factores de sustentabilidad.

Estudios sobre preferencias de niveles de iluminación muestran valores significativamente mayores a los recomendados en las normas o reglamentos mexicanos considerando necesario mejorar la integración del aporte potencial de la iluminación natural y la artificial en los edificios, aplicando las estrategias de diseño para los sistemas de iluminación natural en la arquitectura en el siguiente capítulo servirá como guía para investigaciones futuras o para el quehacer diario de los profesionales ligados a la arquitectura y el urbanismo.

CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL EN LA ARQUITECTURA

"La arquitectura es un juego magistral, perfecto y admirable de masas que se reúnen bajo la luz. Nuestros ojos están hechos para ver las formas en la luz y la luz y las sombra revelan las formas…"

LE CORBUSIER

CAPÍTULO 6. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL EN LA ARQUITECTURA

El objeto de este capítulo es informar y establecer una serie recomendaciones para ayudar a los técnicos y/o especialistas responsables de proyectar o redactar especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación de no solo escuelas tipo **INIFED** sino de cualquier edificación, en su tarea de establecer los criterios de calidad a satisfacer en las mismas, seleccionando los sistemas de iluminación y sistemas de regulación y control, así como los criterios básicos de diseño de dichas instalaciones, con la finalidad de:

Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual, crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las edificaciones, racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible, marcar el inicio del uso eficiente de la energía solar en cualquier edificación.

Para ello se pretende dejar en claro aquellos factores a seguir por el arquitecto, técnico, especialista, desde las fases de diseño, calculo, selección de equipos artificiales y/o naturales y estudio energético y económico de alternativas, así como para los aspectos de mantenimiento y explotación de la instalación, desde el punto de vista de la eficiencia y el ahorro energético. Por lo tanto las estrategias de diseño jugaran un papel sobresaliente para adecuarlos siempre al lugar de emplazamiento y a las actividades realizadas dentro de las edificaciones. El desempeño de todas estas estrategias depende de una enorme variedad de factores, los cuales se verán a continuación.

6.1 PLANEACIÓN INTEGRAL PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA LUZ DIURNA EN LA FASE CONCEPTUAL DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

De acuerdo a la **IEA**, Day light in Buildings, A Source Book on daylighthing on Systems and Components, Cap. 2 pág. 1 (IEA, 2000), en la Tabla 37 muestra los puntos de partida que deben ser tomados en cuenta desde la fase conceptual de diseño, como recomendaciones, para sistemas de iluminación en edificios y así se elija el tipo de sistema de iluminación diurna adecuado al entorno al cual se diseñara y construirá.

building	room	window	daylighting systems
daylight availability	relation to adjacent spaces	design of facades and windows	function of system(s)
latitude	autonomous	single design	multiple functions
sun shine probability	borrowing light	multiple design	glare, shading, redirection
temperature	giving light	division within windows	glare, solar shading
...	interchanging light	division between windows	glare, redirection
obstruction	fenestration		shading, redirection
building design scheme	unilateral, sidelight		single function
beam shaped	unilateral, top-light		protection from glare
courtyard/atria	multilateral, sidelight		solar shading
block	multilateral, sidelight and top-light		redirection
nucleus	proportion		other function
...	height to depth, ratio		

Tabla 37. El proceso de diseño en iluminación natural en las construcciones
Fuente: IEA, Daylight in buildings, A source Book on Daylighting on Systems and Components, 2000, LBNL Report Number: LBNL: 47493. Cap. 2 Pag. 1.

6.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS

Debido a la enorme necesidad de ahorro de energía eléctrica en cualquier tipo de edificación, la iluminación natural y el astro rey cobra cada vez mayor importancia en el diseño arquitectónico. Y es que, con estrategias lumínicas adecuadas, en gran parte del país se podría prescindir de luz artificial en horarios laborales normales, sin necesidad de recurrir a modificaciones horarias como lo hace actualmente el gobierno con el famoso "horario de verano". La disponibilidad y características de esta luz natural dependen de la latitud, clima, época del año y del momento del día. Es sabido que la cantidad de luz natural recibida en la tierra varía con la situación, la proximidad a las costas o tierra adentro (Figura 68).

Figura 68. Aspectos distintos de iluminación natural en función de la época y la ubicación
Fuente: http://ferriz.com.mx/informacion-2/metropoli/espectacular-cielo-en-la-ciudad-de-mexico/

El clima y la calidad del aire también afectan a la intensidad y duración de la luz natural. De ahí que según los climas, la luz natural pueda ser predecible o muy impredecible. Recordemos que la **luz natural consta de tres componentes:**

1) La luz directa que proviene del sol
2) La luz natural que se difunde en la atmósfera (bóveda celeste y nubes), que constituye la componente difusa del cielo
3) Y la luz natural procedente de las múltiples reflexiones ya sea en el suelo del propio espacio y en objetos del entorno exterior, como obstrucciones o la misma arquitectura en sí.

A continuación se enlistan aquellos factores necesarios a incluir desde la fase conceptual del proyecto incluyendo lo de la tabla 37 y aquellos aspectos analizados en capítulos anteriores como resultado de la investigación y vaciado del marco teórico (Figura 69). Normalmente y así debería de ser, estos factores se fijan y consideran de manera integral en la etapa inicial de diseño del edificio. Una planificación y diseño apropiados en esta primera etapa que es de vital importancia, pueden producir un edificio que será eficiente energéticamente y consiente con su medio ambiente, haciendo un uso racional de energía que se reflejara en el confort lumínico y en la drástica reducción del costo.

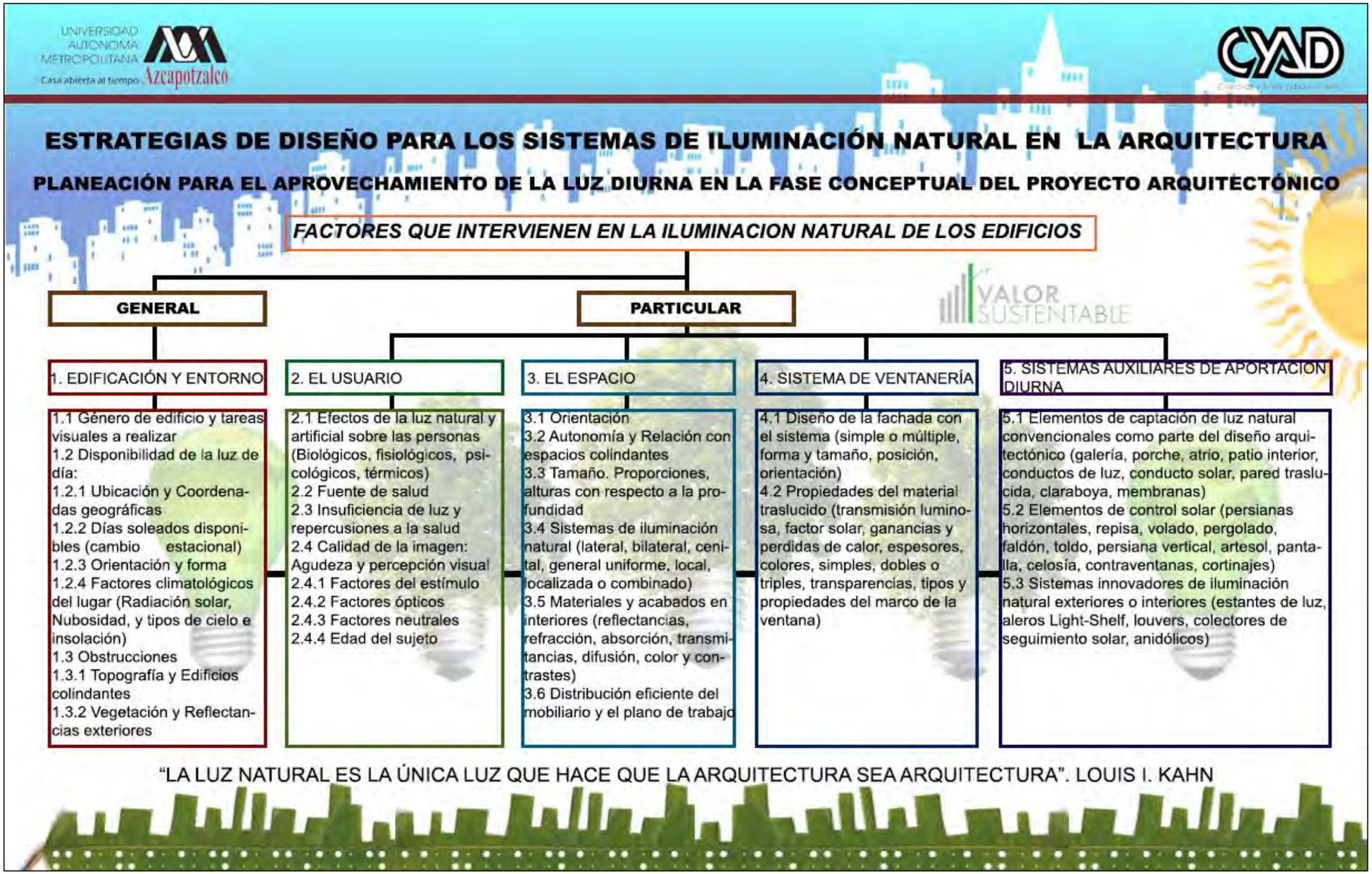


Figura 69. Estrategias de diseño para los sistemas de iluminación natural en la arquitectura

6.2.1 EDIFICACIÓN Y ENTORNO

Hoy en día, resulta ilógico e incongruente que en el horario laboral diurno (aprox. De 8-6 pm), miles de espacios como oficinas, industrias y centros de educación tengan encendida su iluminación artificial. La gran cantidad de horas despejadas al año con que cuenta la ciudad de México y su zona Metropolitana permitiría en gran medida el prescindir de cualquier dispositivo de iluminación eléctrica, con la simple adecuación de los elementos arquitectónicos para su adecuado diseño lumínico y con una inversión muy mínima comparable con la energía eléctrica que en muchos casos es recuperable a corto plazo.

Por lo anterior, resulta increíble que en esta era de tecnología, que en este Siglo XXI, las edificaciones no estén muchas veces acordes con los cambios que ha sufrido la iluminación natural a lo largo del desarrollo de la humanidad debido a la evolución de las ciencias y la propia tecnología.

6.2.1.1 GÉNERO DE EDIFICIO Y TAREAS VISUALES A REALIZAR

Son variadas las formas de clasificar a un edificio y varían de autor a autor, según el Ing. Arq. Alfredo Plazola Cisneros, el espacio arquitectónico no tiene un sentido estrictamente geométrico; el arquitecto o el profesional especialista es quien interpreta y representa en espacio las condiciones sociales y políticas, los deseos del cliente, las aspiraciones religiosas, los conocimientos técnicos y para conseguirlo utiliza no sólo los elementos puramente constructivos, sino también la luz, el color y otros factores que influyen psicológicamente.

El **Ing. Arq. A. Plazola Cisneros** clasifica los géneros de edificios y sus principales subdivisiones de acuerdo a las funciones del urbanismo moderno en cuatro géneros:

1) Habitar: Se refiere a ofrecer refugio y seguridad a las personas, como casa habitación, hoteles, departamentos, albergues, posadas, etc.
2) Trabajar: Cuya función principal es proveer espacios para desarrollar actividades productivas como industrias, almacenes, bodegas, refinerías, despachos, etc.
3) Circular: Tienen como objetivo brindar servicios de comunicaciones, transportes y estancia temporal, tales como estaciones de transportes, compañías telefónicas, Telégrafos, etc.
4) Cultivo de personalidad: Espacios recreativos y tienen como función principal la alimentación de la cultura, Auditorios, escuelas, universidades, Iglesias, etc.

En un espacio interior, los niveles de iluminación son generalmente mucho menores que los mínimos en el exterior, donde los niveles oscilan entre los 1000-2000 lux en un día gris y los 100.000 lux de un día soleado. Se puede comentar que los cambios de nivel y temperatura de color en la luz diurna tienen efectos positivos sobre el estado de ánimo y la estimulación de las personas y todo esto depende del

edificio y como funcione interior y exteriormente, tanto como para los usuarios como para su actividad en sí (Figura 70).

Figura 70. Diversidad de género de edificio
Fuente: http://www.paginaciudadana.com/cielo-despejado-en-la-ciudad-de-mexico/

6.2.1.2 DISPONIBILIDAD DE LA LUZ DE DÍA

Es bien reconocido que todas las estrategias de iluminación natural hacen uso de la iluminancia del sol, del cielo, adyacentes y el suelo, por lo tanto todo depende de la disponibilidad de luz natural que se tenga en el sitio, la cual es determinada por la ubicación geográfica, la conciencia de las estaciones a lo largo del año y por lo tanto la ubicación del sol, sus condiciones inmediatas que rodean a nuestra edificación y la presencia de cualquier obstrucción.

6.2.1.2.1 UBICACIÓN Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

La necesidad que surge de conocer que cualquier espacio exterior o interior, una fachada, un área en específico, recibe o no recibe sol se relaciona en nuestro país con la existencia de un período frío y un período caluroso dependiendo de la temporada estacional y así podríamos tener necesidad de protegerse de la radiación solar en verano, produciendo sombras mediante estrategias bioclimáticas o al contrario aprovecharla en invierno y para ello es necesario conocer la ubicación exacta del sitio sobre el globo terráqueo mediante sus coordenadas geográficas, es decir, **LATITUD** primordialmente (Norte y Sur) y **LONGITUD** (Este y Oeste) en base a paralelos y meridianos respectivamente y de cierta medida la **ALTITUD:**

- Latitud**,** es la medida angular (Figura 71) distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto, expresándose en grados sexagesimales. Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud y aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N) y aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S) midiéndose de 0º a 90º. Al

Ecuador le corresponde la latitud de 0º, los polos Norte y Sur tienen latitud 90º N y 90º S respectivamente (De Hoyos C., 1985).

- Longitud**,** es la medida angular (Figura 105) que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, expresándose en grados sexagesimales. Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud, aquellos que se encuentran al oriente del meridiano de Greenwich (meridiano 0º) reciben la denominación Este (E) y aquellos que se encuentran al occidente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Oeste (O) midiéndose de 0º a 180º, al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 0º, el antimeridiano correspondiente está ubicado a 180º, los polos Norte y Sur no tienen longitud.

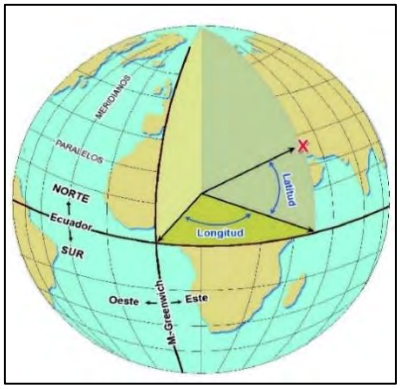


Figura 71. Latitud y longitud

Fuente: http://www.surcando.com/?q=enciclopedia-nautica/latitud

Combinando estos dos términos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la Tierra. Por ejemplo, la república mexicana (Figura 72) se localiza en el hemisferio occidental hacia el oeste del meridiano de Greenwich situado entre los meridianos 118º 27' 24 W, frente a las costas de Baja California en el Océano Pacífico y 86º 42' 36 W en el extremo este de (LONGITUD), tocando Isla Mujeres en el Mar Caribe; así como entre los paralelos 32º 43' 06 N al norte, límite con Estados Unidos de América y 14º 32' 27 N al sur (LATITUD).

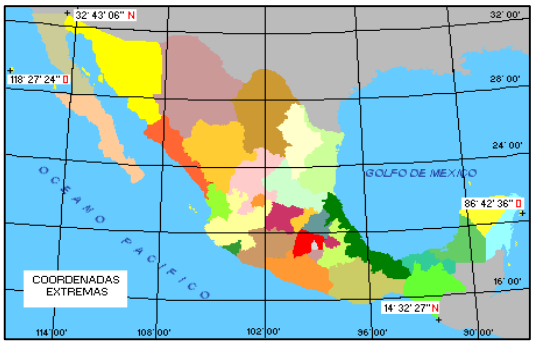


Figura 72. Coordenadas extremas de México

Fuente: http://www.tram-arq.com/es/servicios.html

Y en caso particular la Ciudad de México cuenta con una latitud de 19°25′42″N y una longitud de 99°07′40″W. La insolación terrestre depende en mayor medida de la LATITUD porque de acuerdo a la distancia que nos separa del Sol, los rayos luminosos que llegan hasta nosotros son prácticamente paralelos (Figura 73) ya que la inclinación con que estos rayos inciden sobre la superficie de la Tierra es, variable según la latitud. En la zona intertropical (ecuador), a mediodía, caen casi verticales en relación a la inclinación de la tierra (23.5º), mientras que inciden tanto más inclinados cuanto más se asciende en LATITUD, es decir cuanto más nos acercamos a los Polos. Así se explica el contraste entre las regiones polares, frías y las tropicales (Figura 74) (De Hoyos C., 1985).

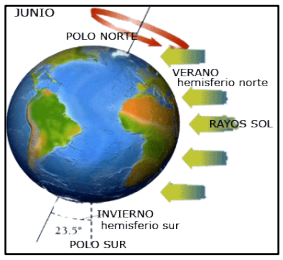


Figura 73. Incidencia solar
Fuente:http://www.interpeques2.com/peques5/4estaciones/contenidos2.htm

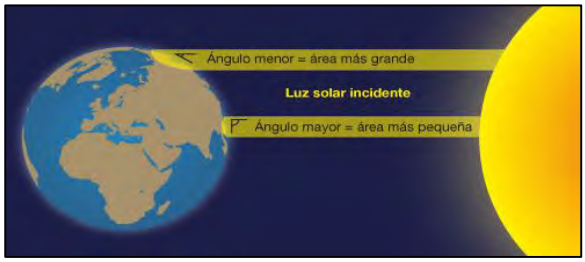


Figura 74. Inclinación del rayo solar de acuerdo a la latitud
Fuente: http://www.zenodoto.com/gestiondocs/cursosacademicos

6.2.1.2.2 DÍAS SOLEADOS DISPONIBLES (CAMBIO ESTACIONAL)

Es de suma importancia que una vez localizada la ubicación geográfica de nuestro edificio, el conocer en qué momentos, durante cuánto tiempo y qué cantidad de energía recibe nuestro espacio a analizar y evaluar la disponibilidad de la luz del día determinando su desempeño y poder diseñarlos de acuerdo a los parámetros de confort y al uso racional de la energía en un estudio de soleamiento; el cual nos permite simular, verificar situaciones y poder dimensionar el diseño de nuestros sistemas de iluminación natural, por lo que este estudio es de vital importancia en la etapa de diseño conceptual (Figura 75).

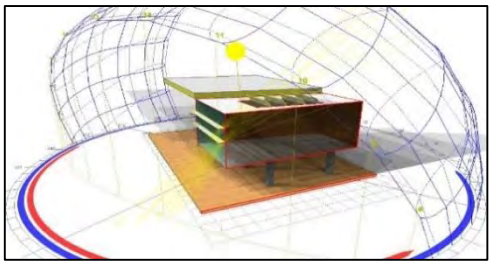


Figura 75. Estudio de soleamiento por ECOTECT
Fuente: http://energia-y-arquitectura.blogspot.mx/2011/11/estudio-de-iluminacion-y-soleamiento.html

Para realizar este estudio es necesario conocer el recorrido aparente del sol:

Aunque se sabe que la Tierra gira sobre su eje **(ROTACIÓN-dando lugar al día y a la noche)** además describe una órbita alrededor del sol **(TRASLACIÓN-dando lugar a las estaciones),** para el estudio de

soleamiento se considerara que estamos en un lugar fijo y que es el sol el que se mueve a nuestro alrededor (Figura 76) por fines prácticos (Ferreiro L., 1985).

Donde un observador X sobre una superficie plana llamada **horizonte**, observaría el desplazamiento del sol, a lo largo de todo el año, sobre una esfera transparente denominada **bóveda celeste**; donde cualquier rayo, sin importar la posición del sol, estará dirigido hacia el centro de la esfera. Al punto vertical más alto de la bóveda celeste imaginaria se le denomina **cenit** y al punto equidistante diametralmente opuesto, **nadir**.

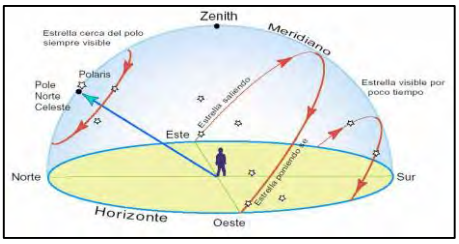


Figura 76. Bóveda celeste

Fuente:http://www.astro.ugto.mx/LaLuz/conceptos_basicos_files/Esfera_celeste.htm

A ese recorrido aparente del sol en la bóveda celeste, se le da el nombre de trayectoria solar en donde el sol tiene un paso diario, pero que no es igual todos los días, sino que varía a lo largo del año dependiendo de la temporada (Figura 77).

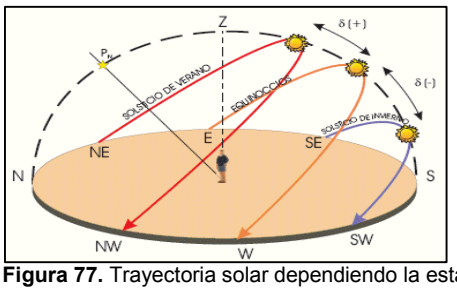


Figura 77. Trayectoria solar dependiendo la estación

Fuente: http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/esquema-de-instalacion-de-paneles-solares-segun-la-hora-del-dia-hemisferio-sur/

Como se vio anteriormente cada latitud tiene una trayectoria independiente a lo largo del año. La existencia de las estaciones se debe a que el eje de rotación de la tierra no es siempre perpendicular al plano de su trayectoria de traslación con respecto al sol, sino que forma un ángulo dependiendo del momento del año en que nos encontremos que es de 23.5º (Figura 78) (Ferreiro L., 1985).

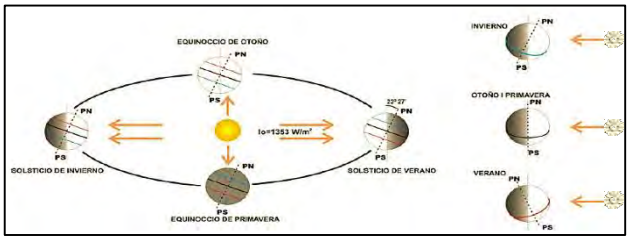


Figura 78. Trayectoria de la Tierra alrededor del Sol (Ferreiro, 1985)

Entonces, el plano que contiene a la órbita terrestre se denomina **plano de la eclíptica** y éste forma un ángulo de 23°27' con respecto al ecuador terrestre y de 66°33' con respecto al eje de rotación, así en una fecha el polo norte recibe los rayos solares, mientras que el polo sur está en oscuridad. El ángulo máximo que se da en el hemisferio sur entre el rayo solar y el ecuador es de -23°27' y se presenta el día 21 diciembre siendo que el polo sur recibe los rayos solares mientras que el polo norte está en oscuridad.

Existen sólo dos días al año en los que el eje de rotación es perpendicular al plano de traslación: el equinoccio de primavera (21 de Marzo) y el equinoccio de otoño (21 de septiembre) donde el día dura lo mismo que la noche y el sol sale exactamente por el este y se pone por el oeste con una declinación igual a 0º (Figura 79). Cuando el sol está más alejado del plano del ecuador se llama solsticio, ya sea en su parte superior o posterior siendo el de Verano (21 de junio) donde los días son más largos y el invierno (21 de diciembre) que corresponde al día más corto (Figura 80).

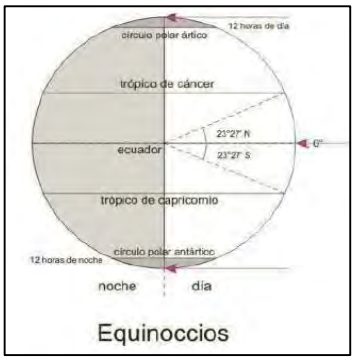


Figura 79. Angulo de declinación en Equinoccios (Gardey, 2007)

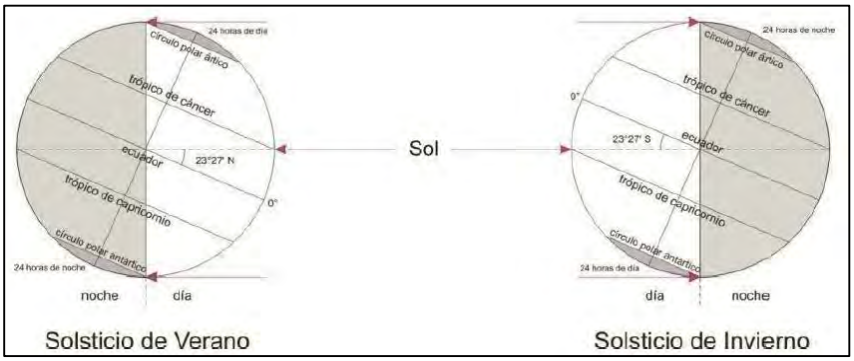


Figura 80. Angulo de inclinación en los Solsticios (Gardey, 2007)

En nuestro caso, para el hemisferio Norte el solsticio de verano, el sol alcanza el cenit al mediodía sobre el Trópico de Cáncer y en el solsticio de invierno alcanza el cenit al mediodía sobre el Trópico de Capricornio, siendo estos las latitudes máximas que alcanza el sol a lo largo del año (Figura 81).

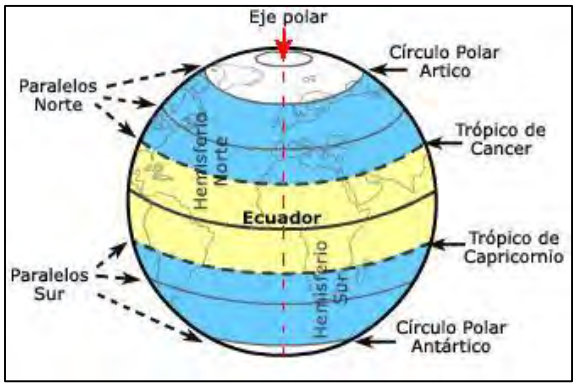


Figura 81. Trópico de cáncer y de capricornio

Fuente:http://averquepasaporsudamerica.blogspot.mx/2008/11/ecuador-quito-otavalo.html

Así, el sol calienta en forma desigual el planeta según las latitudes y las épocas del año, dando lugar a las estaciones climáticas. Para el estudio de la disponibilidad de la luz del día, es necesario determinar con suficiente precisión la posición del sol en la bóveda celeste para cualquier lugar, fecha e instante del día (GIZ, 2013).

Una representación corriente de las trayectorias para el hemisferio Norte y para un observador es como se indica en la Figura 82.

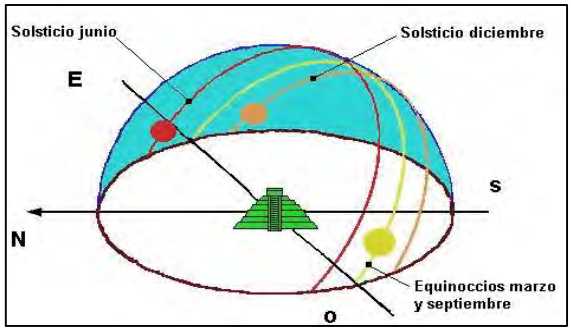


Figura 82. Trayectorias solares generales en el Hemisferio norte
Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kukulcan_trayectoria_solar.jpg

El conocimiento del recorrido aparente del astro rey ha dado a diversos a métodos que permiten estudiar el asoleamiento de espacios; se pueden conocer las sombras arrojadas por edificios, la penetración del sol en ventanas, momentos del año en que un espacio interior o exterior recibe sol, momentos en que una protección solar detiene los rayos del sol, todo de forma gráfica y matemática o por programas como Ecotect Autodesk 2011. Todo este análisis permite no sólo verificar situaciones, sino dimensionar o modificar el diseño, por ejemplo: separación de edificios para evitar sombras arrojadas de uno sobre otros, dimensionado y ubicación de ventanas que permitan la entrada de la radiación solar, dimensionado de protecciones solares, etc. Para localizar cualquier punto sobre la tierra se necesita la latitud, longitud y su altura, en el caso del Sol, en la bóveda celeste se emplean las coordenadas celestes, por medio de las cuales se refiere su posición al plano del horizonte y al meridiano del observador (Ortega, 2012).

Para conocer la ubicación exacta del sol se necesitaran dos coordenadas básicas (Figura 83):

1) La **altura H** es el ángulo formado por el rayo solar dirigido al centro de la bóveda y el plano horizontal, midiéndose a partir del plano del horizonte hacia el cenit en un rango de 0º a 90º, cuyo método matemático se expresa en la ecuación 8:

$$senA = \cos L * \cos D * \cos AH + senL * senD$$

Ecuación 8. Altura solar

Fuente: Curso de diseño bioclimático en la edificación urbana, UNAM

Donde:

A = Altitud Solar (en grados)

L = Latitud del observador

D = Declinación solar (en grados) $D = 23.45 \text{ sen } (360^* (284 + n) / 365)$ n es el # de días transcurridos desde el 1º de enero (Cooper)

AH= Ángulo Horario (en grados) $\tau = (12 - \text{hora})\ 15$

2) El **acimut Z** es el ángulo formado por el plano vertical del sol con el plano del meridiano del observador, es decir, el Angulo formado por la proyección del rayo solar sobre el horizonte con el eje norte-sur verdadero; se mide a partir del S y va de 0º a 180º hacia el este u oeste. La altura máxima del sol en un día determinado se produce a la hora solar 12, momento en que el Sol cruza el meridiano del lugar, determinada por la ecuación 9:

$$senAZ = \cos D * senAH / \cos A$$

Ecuación 9. Acimut solar

Fuente: Curso de diseño bioclimático en la edificación urbana, UNAM

Donde:

AZ = Azimut Solar (en grados)

D = Declinación solar (en grados)

A = Altitud Solar (en grados)

AH = Ángulo Horario (en grados)

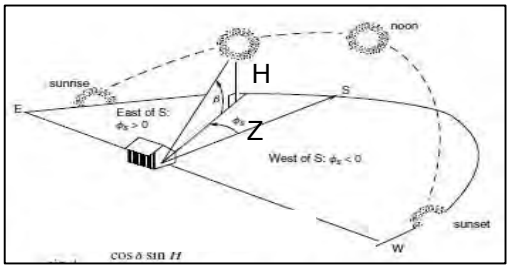


Figura 83. Coordenadas solares
Fuente:https://jmirez.wordpress.com/2011/08/11/j319-la-posicion-del-sol-en-cualquier-momento-del-dia/

Existen tres formas de manera general para conocer y analizar el comportamiento solar.

1) **Métodos gráficos,** los cuales son los más prácticos aunque no proporcionan información precisa, son fácilmente traducibles en términos de diseño y con la aproximación necesaria para los fines arquitectónicos, como lo es la gráfica solar de proyección ortogonal, gráfica solar de proyección estereográfica, gráfica solar de proyección equidistante, graficas rectangulares, y proyección gnomónica (Figura 84).
2) **Métodos matemáticos,** los cuales nos proporcionan información exacta, utilizados para fines más técnicos como lo son: balances de energía, análisis y evaluación de materiales constructivos y su transferencia térmica, diseño de sistemas y dispositivos solares y trayectoria y posición del sol.

3) **Modelos físicos de simulación** como lo son las maquetas, helioscopios y heliodones, que nos dan una visión cualitativa del comportamiento del edificio en el lugar.

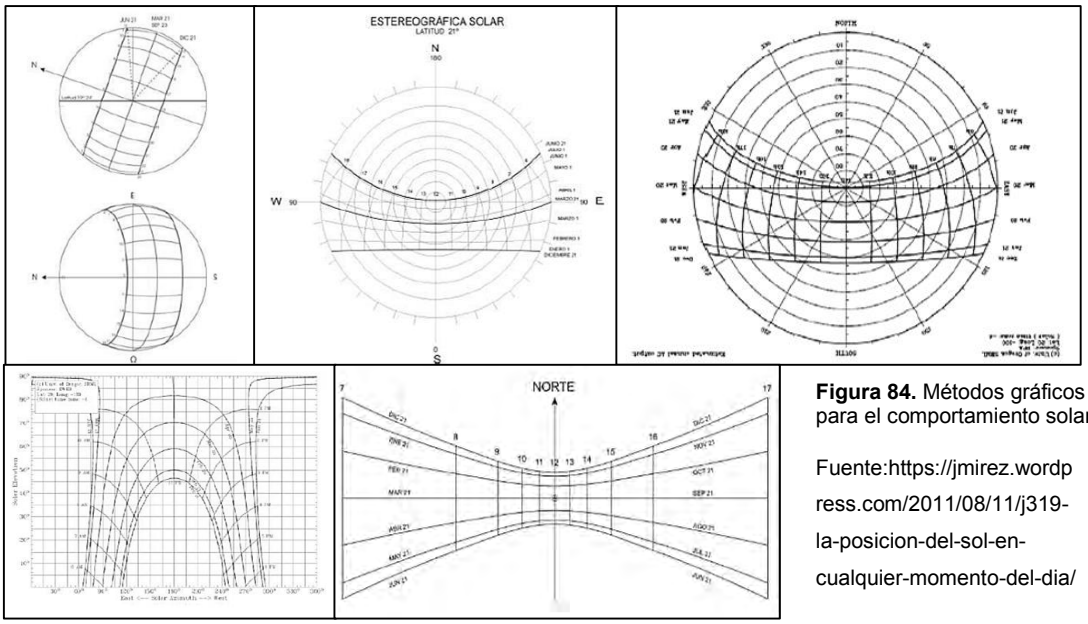


Figura 84. Métodos gráficos para el comportamiento solar

Fuente:https://jmirez.wordpress.com/2011/08/11/j319-la-posicion-del-sol-en-cualquier-momento-del-dia/

6.2.2.2.3 ORIENTACIÓN Y FORMA

Una **orientación integral adecuada** de la edificación nos permite conseguir buenos resultados para mantener una temperatura agradable durante las estaciones frías y ambientes frescos durante el verano, además permite maximizar resultados cuando sea necesario aislar, iluminar o ventilar los ambientes, haciendo posible la mejor distribución y aprovechamiento de todas las áreas, ubicando a los que por su uso o destino no requieran una climatización permanente como por ejemplo la zona de lavandería, despensa, almacén o closets hacia las áreas más expuestas y ubicar a los dormitorios y sala hacia las áreas más protegidas (Figura 85) (Granados H., 2006).

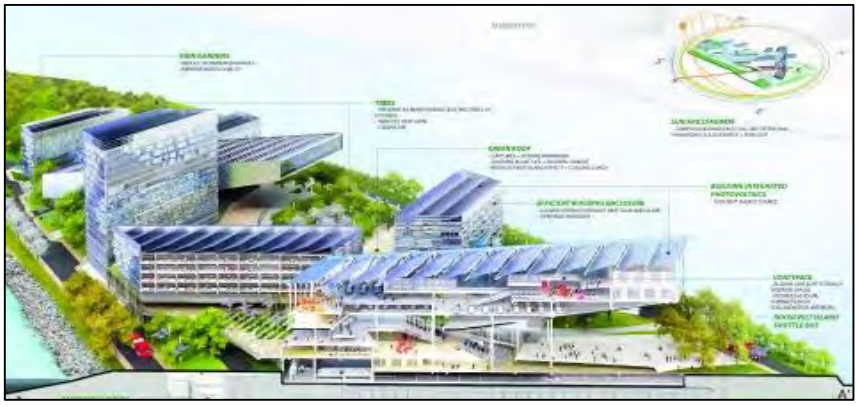


Figura 85. Orientación integral en Campus Cronell

Fuente: http://www.ison21.es/2011/12/29/cornell-tendra-el-campus-mas-sostenible-del-mundo/

El **diseño de luz natural** debe contemplar el lugar de ubicación del edificio o del conjunto, antes de considerar el diseño del sistema de ventanería. La razón para ello es para determinar, la disponibilidad de la luz del día dependiendo de la estación, que obstáculos rodean al edificio y pueden tener un impacto tanto en la cantidad de luz, calidad y distribución de la luz dentro de una sala. Además, tomando en cuenta la orientación se puede determinar la ubicación de puertas y ventanas para conseguir una buena iluminación para el ahorro de electricidad durante el día y una adecuada ventilación que nos permita tener buena calidad de aire sin necesidad de instalar equipos adicionales (Figura 86).

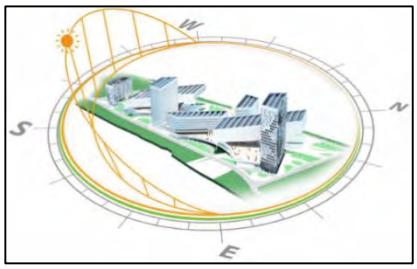


Figura 86. Análisis solar de conjunto

Fuente:http://www.ison21.es/2011/12/29/cornell-tendra-el-campus-mas-sostenible-del-mundo/

La orientación de una fachada de un edificio, y por tanto de las ventanas situadas en él, influyen en gran medida en la iluminación interior. Hay **dos aspectos importantes que se deben de considerar:**

1) El ajuste del edificio en su ubicación y su relación con el recorrido del sol (estaciones);
2) Relación interior-exterior, es decir, que la gente tenga sentido de orientación y que proviene del contacto con el mundo exterior, y puede ser obtenido a partir de la percepción de la luz natural.

La orientación del sistema de ventanería con relación al sol afectará significativamente a la ganancia solar y al grado consiguiente de penetración de luz solar dentro del espacio (Figura 87) (AUTODESK, 2012).

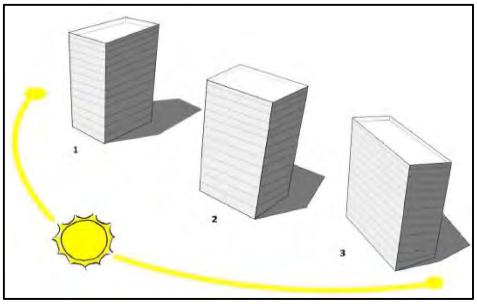


Figura 87. Distintas orientaciones para edificios (Enríquez, 2006)

Por ejemplo, una ventana sencilla ubicada al norte admite poca radiación solar comparada con una que mira al sur, este u oeste, como se vio en el cambio estacional. Cuando una fachada está orientada al sur, el sol estará bajo en épocas de invierno en el cielo y habrá una penetración solar a considerar incluso

llegando al deslumbramiento (Figura 88). Por esta razón a menudo se recomienda jugar con la orientación dependiendo las condiciones del sitio, del sol y las que se quieren lograr (Figura 89).

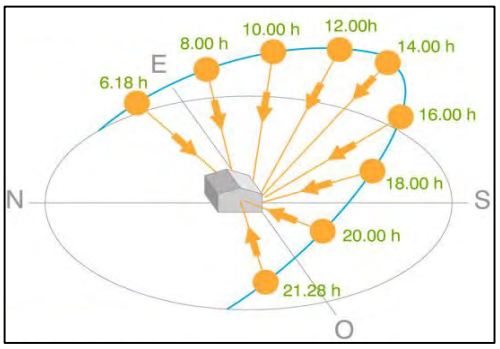


Figura 88. Deslumbramiento en invierno
Fuente:http://www.ayecertificaciones.com/areatecnica/la-importancia-de-la-orientacion-en-el-certificado-energetico/

Figura 89. Disposición solar en el edificio
Fuente: http://www.tallervirtual.com/vamos-a-evitar-el-deslumbramiento-al-volante/

Si el sobrecalentamiento constituye un problema potencial, en casos de latitud norte, el sur es la peor orientación, debido a que la luz solar no solamente es intensa, sino que también tiene un bajo ángulo de incidencia, lo que la hace difícil de proteger.

La orientación de los edificios para aprovechar el máximo de energía solar es uno de los puntos principales de la arquitectura bioclimática ya que la correcta orientación de los edificios repercute significativamente en un edificio (Granados H., 2006).

Hay que tener en cuenta **la proporción de la envolvente del edificio** orientada a cada punto cardinal. El Sol tiene distintas trayectorias a lo largo del año, y por tanto, la radiación que recibe una superficie es distinta dependiendo del día y hora, y de la estación en que nos encontremos. Para el diseño del edificio se anuncian a continuación criterios generales para las orientaciones principales:

a) Orientación norte: las fachadas situadas en esta orientación no reciben radiación directa, lo que implica escasas ganancias térmicas siendo la orientación más fría y menos confortable. Orientación menos adecuada para el confort de invierno, pero en verano son las estancias más frescas. La iluminación que llega por el norte siempre es difusa sin causar reflejos ni contrastes. Conviene instalar en esta orientación: espacios de poco uso (escaleras, despensas, garajes, etc.), espacios de uso nocturno, espacios con necesidades de iluminación difusa, entre otros. Al ser la zona más fría se debe aislar adecuadamente y controlar las pérdidas de calor.

b) Orientación sur: mayor número de horas de sol en invierno siendo la mejor orientación para aprovechar la ganancia térmica debida al soleamiento. Conviene instalar en esta orientación espacios de uso diurno y espacios de uso continuado entre otros. Iluminación muy contrastada con muchos reflejos con lo que no es buena orientación para lugares de lectura u oficinas con ordenadores.

c) Orientación este: en este caso las fachadas reciben más horas de sol en verano que en invierno. Son espacios poco cálidos en verano, ya que sólo reciben soleamiento por la mañana, pero son menos cálidos en invierno que los orientados al sur. La iluminación es fría. Conviene instalar en esta orientación los dormitorios o espacios de uso matinal, ya que reciben luz de la mañana sin radiación directa excesiva.

d) Orientación oeste: la radiación directa incide en esta orientación por la tarde durante un largo periodo en verano (calienta las estancias haciéndolas inconfortables) y corto en invierno (lugares agradables). Conviene instalar espacios de poca habitabilidad de estancias muy cortas como escaleras, baños, etc.

Ventajas de una buena orientación

- Se puede conseguir una eficiente captación solar en invierno y protección de un exceso de soleamiento en verano.
- Permite ahorrar energía en calefacción, climatización e iluminación artificial.
- Evita pérdidas de calor en invierno.
- Una correcta disposición del sistema de ventanería nos proporcionará espacios interiores mejor aclimatados.
- Confort lumínico-térmico

Inconvenientes mala ubicación y orientación

- Exceso de captación solar en verano
- Sobrecalentamiento y temperaturas elevadas en los espacios
- Pérdidas y ganancias excesivas de calor
- Falta de confort higrotérmico en los espacios interiores
- Gastos excesivos en climatización e iluminación artificial (Granados H., 2006).

6.2.2.2.4 FACTORES CLIMATOLÓGICOS DEL LUGAR

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una región por un período de tiempo largo. La caracterización de un clima, se realiza mediante la recopilación y organización metódica de los datos atmosféricos de varias décadas (GIZ, 2013).

Las estrategias pasivas, llamadas también bioclimáticas, están determinadas en primer lugar por el clima, ya que son afectadas por el mismo, es importante conocer las condiciones predominantes o las diferentes temporadas climáticas, para la toma de decisiones que se pueda adecuar a cada uno de estos cambios a lo largo del año. Todas las ciudades ya cuentan con una clasificación climática oficial, hay varios sistemas de clasificación pero en México se utiliza la clasificación de Köppen modificada por la Dra. Enriqueta García (Figura 90).

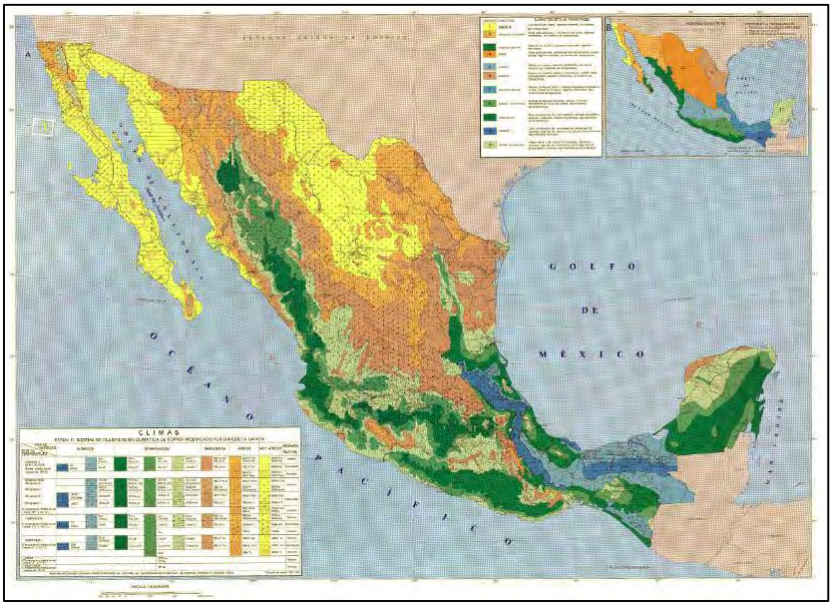


Figura 90. Mapa climático de México según Kôppen-García.

Para establecer un proyecto que sea eficientemente energético es necesario en su etapa conceptual elaborar un análisis bioclimático, en base a normales climatológicas y teniendo el apoyo de distintas entidades públicas para poder definir condiciones del sitio y de la localidad de estudio a lo largo del año como agrupación bioclimática, temperaturas, presión atmosférica, precipitación pluvial, radiación solar, insolación, soleamiento (disponibilidad de la luz de día), nubosidad, humedad relativa, evaporación, viento, fenómenos especiales como neblinas, granizo, heladas, tormentas eléctricas, días despejados, días nublados, nevadas y así determinar que estrategias necesitamos para obtener un confort integral en la edificación desde su fase de diseño, en el caso de estudio que nos compete, nos enfocaremos solo a 3 factores climatológicos asociados a la disposición de la iluminación natural: radiación solar, insolación, y nubosidad.

1) Radiación solar

Es bien sabido que el sol es una esfera de materiales gaseosos a temperaturas extremadamente altas y en su interior tienen lugar procesos mediante los cuales se produce e intercambia energía; ésta se transfiere a la superficie y se irradia el espacio en general en forma de ondas electromagnéticas (Figura 91). Como toda radiación se caracteriza por la energía que transporta y por las longitudes de onda que comprenden; pueden así representarse por un espectro en que se grafica para cada longitud de onda λ la energía correspondiente E (Figura 92).

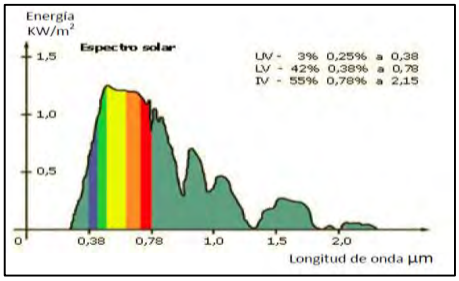


Figura 91. Espectro solar
Fuente:http://www.astronomia2009.es/El_Tema_del_mes/Febrero:_El_Sol/El_Sol_una_deconstruccion.html/

Figura 92. Radiación solar
Fuente:http://www.elpinerodelacuenca.com.mx/epc/index.php/salud/66028-asegura-experto-que-la-radiacion-solar-afecta-igual-en-dias-calurosos-que-en-nublados

Esta energía puede estimarse en el límite de la atmósfera, definiéndose como la "constante solar" que es la energía recibida por una superficie perpendicular a los rayos, de área unidad, en la unidad de tiempo, cuando la distancia tierra-sol tiene su valor medio, siendo su valor aceptado de 1367 W/m2 (Ortega, 2012). Aproximadamente el 7% de la energía se concentra en los ultravioletas, el 47% en los visibles (luz) y el 46% en los infrarrojos. Dentro de la radiación visible, es decir, la que es captada por el ojo, se diferencian bandas que corresponden a los colores desde el violeta hasta el rojo (Figura 93) (Leyva C., 1986).

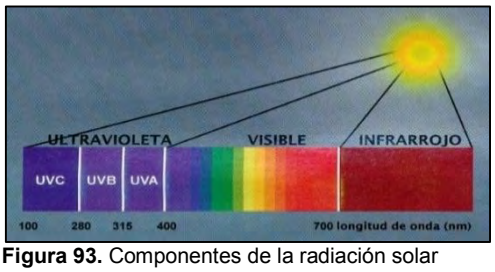


Figura 93. Componentes de la radiación solar
Fuente: http://www.paulajuan.com/blog/?p=13442

Radiación directa, difusa y global.

La radiación llamada "extraterrestre" porque está fuera de la atmósfera, sufre variaciones al atravesar la atmósfera ya que funciona como barrera protectora y producen en especial tres fenómenos manifestándose de la siguiente manera (Ortega, 2012).

1. **Radiación difusa** ya sea por moléculas de aire, vapor de agua y/o polvo.

Esto da origen a lo que se conoce como "**radiación difusa**" (Idif) en contraposición a la radiación que no sufre este proceso y llega directamente se llama **radiación directa** (Idir) más la **radiación reflejada** o de albedo (Ialb), la suma de esos valores es la **radiación global** (Ig), la cual se expresa en la Ecuación 10:

$$I_g = I_{dif} + I_{dir} + I_{alb}$$

Ecuación 10. Radiación global
Fuente: Curso de diseño bioclimático en la edificación urbana, UNAM

La radiación difusa depende de la nubosidad y de las impurezas que contiene la atmósfera de un lugar y es la que hace que a un observador llegue radiación desde todas las direcciones. Esta es la diferencia de lo que ocurre en el espacio fuera de la atmósfera en que sólo se percibe la radiación directa.

Mientras que la radiación difusa se recibe en cualquier punto durante el día, la radiación directa sólo se recibe cuando desde el punto se "ve" el sol, es decir, cuando hay asoleamiento en el punto (Figura 94).

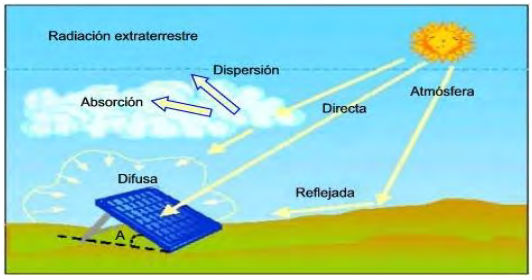


Figura 94. Radiación difusa

Fuente:http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/02_radiacion/01_basico/2_radiacion_08.htm

2.- Radiación absorbida ya sea por el ozono, agua y/o anhídrido carbónico.

El ozono absorbe fundamentalmente la radiación ultravioleta, cortándola casi totalmente para $\lambda < 0{,}29$ µm; en los últimos años la aparición del "agujero de ozono" ha provocado graves problemas al reducirse este filtro que aminora los efectos nocivos de esta radiación. El vapor de agua absorbe fundamentalmente radiación infrarroja.

3.-Radiación del albedo: Procedente del suelo, debida a la reflexión de parte de la radiación incidente sobre montañas, lagos, edificios, etc. Depende muy directamente de la naturaleza de estos elementos que es del 30 al 35% (Figura 95) (Barchiesi, 2007).

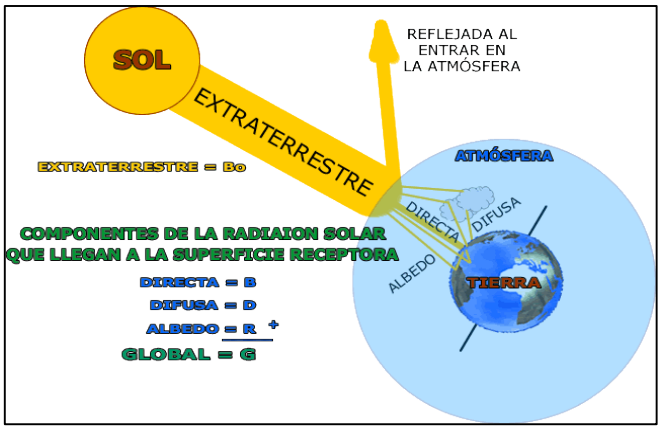


Figura 95. Radiación del albedo

Fuente:http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/02_radiacion/01_basico/2_radiacion_08.htm

En el tema asoleamiento, se mostró que mediante distintos métodos, se determina cuándo un punto interior o exterior recibe sol, es decir, la incidencia de radiación directa ya que como vimos la radiación difusa llega siempre por la dispersión, pudiendo ser negativa para nuestras latitudes en Verano y siendo parte de la solución en Invierno.

Recapitulando, para ver cuánta es esta radiación que llega a una superficie depende de:

. El estado del cielo (nubosidad)

. La posición del sol (Altura y acimut, que depende del día y de la hora)

. La orientación del plano

. El ángulo de incidencia de la radiación, donde, la radiación es directamente proporcional al coseno del ángulo de incidencia.

Todos esos datos se pueden obtener por medio de mapas de isolineas como las del instituto de geografía de la UNAM (Figuras 96 y 97) o por medio de cálculos matemáticos por medio de programas o en hojas de Excel (Figuras 98 y 99).

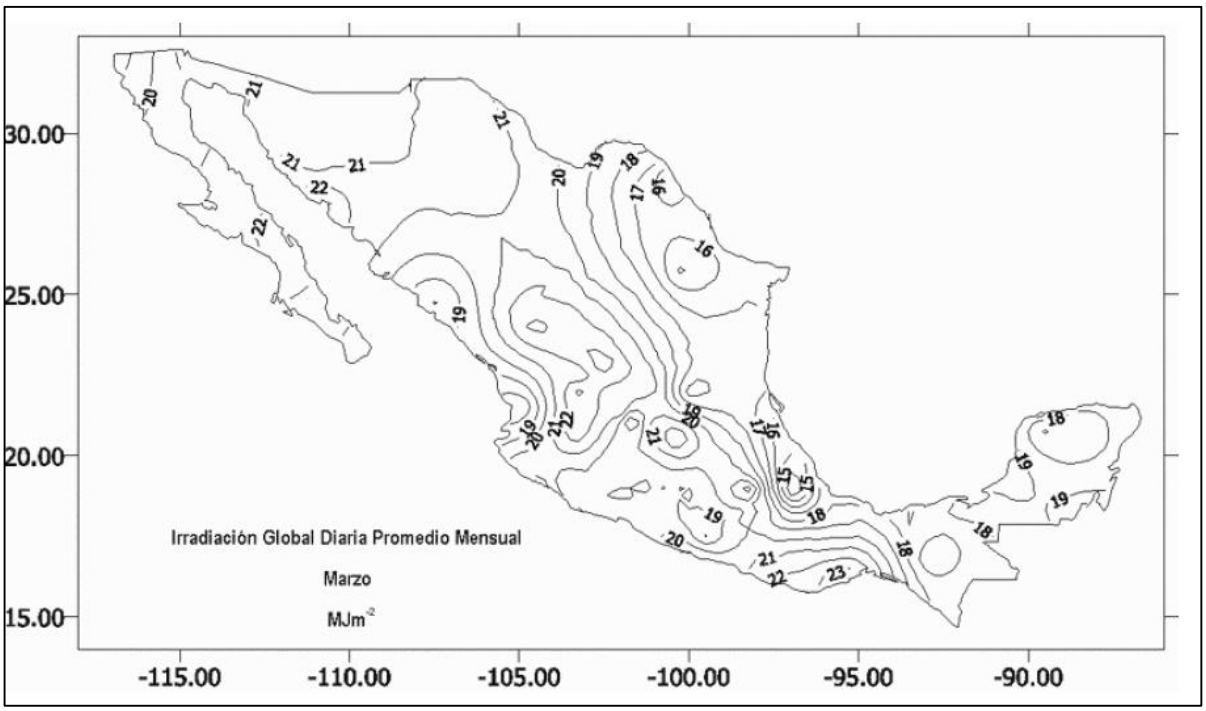


Figura 96. Irradiación global diaria promedio mensual (MJm-2), en Marzo (Equinoccio de primavera) (UNAM, 2006)

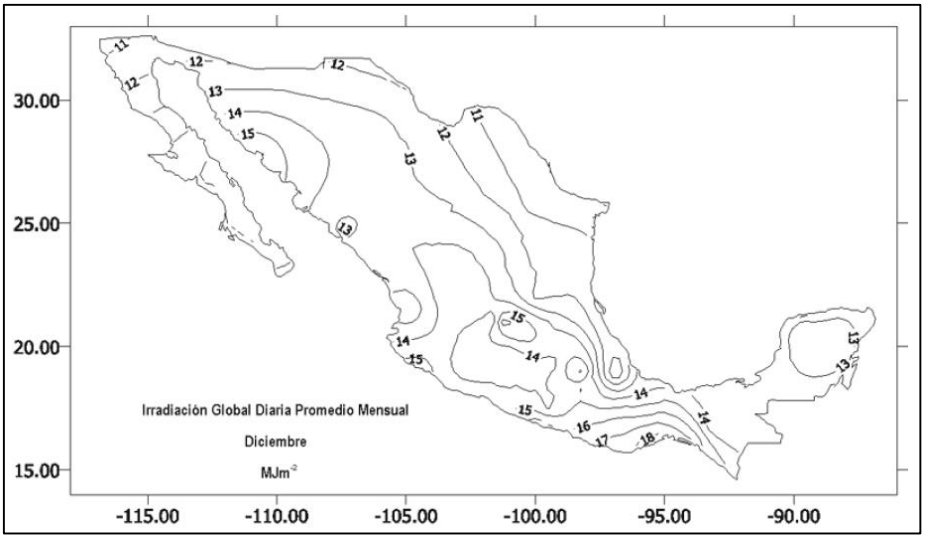


Figura 97. Irradiación global diaria promedio mensual (MJm-2), en Diciembre (Solsticio de invierno) (UNAM, 2006)

Ciudad:	Ciudad de México			
LATITUD	19º,24'	grados	19,40	decimal
LONGITUD	99º,12'	grados	99,20	decimal
ALTITUD	2308	msnm		

Indice de claridad atmosférica	0,75	ver nota
Presión atmosférica a nivel del mar	1013,25	hP = mb
Presión atmosférica local	770,93	hP = mb

fte	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
A	DÍAS DESPEJADOS	días	14,00	13,40	13,44	8,72	6,10	2,26	0,60	0,53	1,17	5,40	8,70	9,96	84,28
A	DÍAS MEDIO NUBLADOS	días	11,14	10,36	12,37	15,62	15,65	10,80	9,33	11,53	9,26	10,96	13,83	13,43	144,28
A	DÍAS NUBLADOS	días	5,53	4,33	4,72	5,13	8,55	16,16	20,26	18,16	18,50	13,53	6,90	7,16	128,93
	RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA														
B	TOTAL	W/m2	640,7	713,7	768,1	798,8	780,8	724,9	697,2	708,0	676,0	660,4	635,9	604,7	700,76
B	DIRECTA	W/m2	466,9	537,4	589,9	619,7	601,5	545,7	517,9	528,8	497,8	484,0	462,1	432,2	523,66
B	DIFUSA	W/m2	173,7	176,3	178,2	179,1	179,3	179,2	179,3	179,2	178,2	176,4	173,8	172,4	177,09
	ÁNGULO DIARIO	radianes	0,34	0,88	1,36	1,89	2,41	2,94	3,46	3,99	4,53	5,04	5,58	6,09	
B	DECLINACIÓN	día 21	-20,09	-10,84	0,00	11,58	20,02	23,45	20,64	12,38	0,00	-10,42	-19,76	-23,45	
B	ALTURA SOLAR	hora 12	50,67	59,92	70,76	82,34	89,22	85,79	88,60	83,14	70,76	60,34	51,00	47,31	
	LONGITUD DEL DÍA	horas	11,02	11,49	12,00	12,55	12,97	13,16	13,01	12,59	12,00	11,51	11,04	10,84	
B	FACTOR DE NUBOSIDAD		0,71	0,72	0,71	0,71	0,68	0,62	0,59	0,60	0,60	0,64	0,69	0,69	

Nota:
Indice de claridad: Climas Secos=1; Climas medios=0.9; Climas Húmedos=0.85; Ciudades con alta contaminación=0.75

Figura 98. Estimación de datos de radiación solar del D.F por el Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet

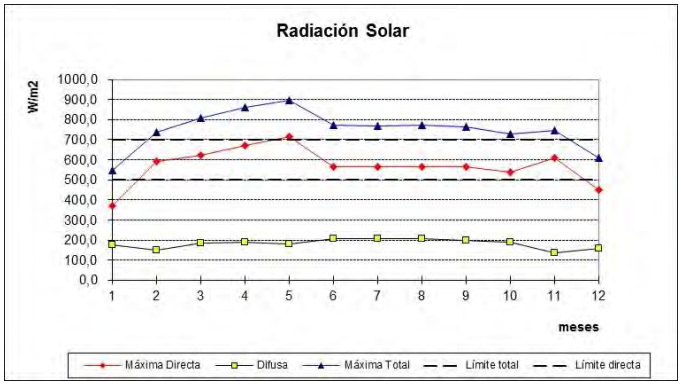


Figura 99. Gráfica anual de radiación solar para el D.F por el Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet

2) Nubosidad y tipos de cielo

La Nubosidad, es la proporción del cielo cubierta por nubes, suele expresarse en octas, que son "octavos de cielo cubierto". En general, el número de días despejados aumenta de sur a norte, y de este a oeste; también hay más días despejados en invierno y suelen ser menos en el verano (GIZ, 2013).

Una nube es una aglomeración de pequeñas gotas de agua en estado líquido (sobre enfriada o congelada) suspendidas en el aire. La Organización Meteorológica Mundial define 10 géneros de nubes, cada uno de los cuáles tiene forma distinta (Figura 100). Las nubes son el resultado de la condensación del agua que flota en la atmósfera, se distinguen cuatro grupos principales de ellas: altas, medias, bajas y de desarrollo vertical.

Figura 100. Clasificación de las nubes según la Organización Meteorológica Mundial
Fuente:http://www.slideshare.net/JoseLRamrezPrez/clasificacion-de-las-nubes-6001070

Durante la observación, el cielo se fracciona en decimos u octavos de cielo cubierto y se divide entre la parte cubierta y la libre de nubes. El Servicio Meteorológico Nacional utiliza octavos y en función de ellos establece tres estados del cielo (Figura 101):

• **Cielo despejado:** cuando las nubes cubren un máximo de 2/8 partes del cielo

• **Cielo medio nublado:** cuando las nubes cubren de 2/8 a 6/8 partes del cielo

• **Cielo nublado:** cuando las nubes cubren más de 6/8 partes del cielo.

En el análisis a realizar conviene pasar las unidades de días a porcentajes, de tal manera que el dato del estado del cielo que tenga más del 30% será el predominante.

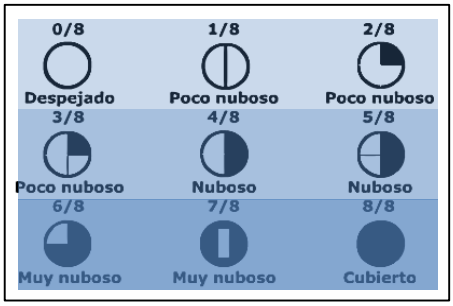


Figura 101. Representación de la nubosidad (ENALMEX, 2012)

Desde el punto de vista de sus características distintivas, el cielo puede ser descrito por su distribución de luminancias, lo que permite su utilización en los cálculos y en el análisis de sus efectos en el interior de un local (Figura 102).

Figura 102. Distribución de luminancias según la CIE

Se define como "**cielo despejado**" a un cielo con sol y sin nubes, "**cielo medio nublado**" a un cielo con sol y con la nubosidad media que corresponde al lugar que se estudie y "**cielo cerrado**" a aquel totalmente cubierto de nubes. Para un cielo despejado, los valores de radiación global son mayores que para un cielo medio nublado. Los cielos despejados emiten poca radiación difusa; ésta aumenta con la cantidad de nubes hasta un punto donde empieza a descender a medida que el cielo se vuelve de color gris azulado -plomizo- (Barchiesi, 2007).

***Un cielo despejado** definido por la CIBSE -Estandarización Británica- como un cielo no obstruido por nubes y por la IESNA -Estandarización Norteamericana- como un cielo obstruido en un porcentaje menor al 30%. En todos los casos se trata de una bóveda celeste donde el sol no está obstruido por las nubes. Su relación de luminancias es de 1 en el horizonte a 0,5 en el cenit (Figura 103).

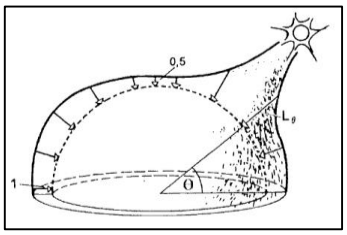


Figura 103. Distribución de luminancia de un cielo claro (Pattini, 2004)

La ecuación 11 de la distribución de luminancias para cielos claro es:

$$L_\theta = L_z \frac{1 - e^{\frac{-0,32}{\text{sen}\,\theta}} (0.91 + 10e^{-3\kappa} + 0.45\cos^2\kappa)}{0.274(0.91 + 10e^{-3ZEN} + 0.45\cos^2 ZEN)}$$

Ecuación 11. Distribución de luminancias en cielo claro (Pattini, 2006)

Donde LZ es la luminancia del cenit, θ es el ángulo de altitud del punto considerado, k es la distancia angular de este punto desde el sol y ZEN es el ángulo cenital del sol.

***En cielos medio nublados** (climas templados húmedos y cálidos húmedos) la iluminancia en una superficie horizontal exterior no obstruida bajo este tipo de cielos, puede variar entre 100.000 lux (sin nubes) y 10.000 lux (con nubes interceptando el sol). Este tipo de cielo es el más difícil de predecir y no se dispone de un modelo matemático simple (Pattini, 2006).

***Un cielo nublado** definido por la CIBSE -Estandarización Británica- como un cielo cubierto en un 90% por nubes con sol no visible. Otras clasificaciones incluyen en este tipo de cielo cuando la proporción de nubes va desde un 70 a 100%, donde la ecuación 12 para distribución de luminancias (Pattini, 2006) es:

$$L\theta = LZ \times \frac{1 + 2\,\text{sen}\,\theta}{3}$$

Ecuación 12. Distribución de luminancias en cielo cerrado (Pattini, 2006)

Donde:

LZ es la luminancia en el cenit, θ es el Angulo de altitud del punto considerado como se ve en la Figura 141. Un cielo cerrado es de 2.5 a 3 veces más luminoso en el cenit que en el horizonte (Figura 104), lo que hace que sea favorable la iluminación cenital con ventanas altas o tipo domo, aprovechando así la parte más luminosa de la bóveda celeste, sin los riesgos del deslumbramiento por la luz solar directa.

El valor medio anual de iluminancia exterior sobre una superficie horizontal que se considera para los cálculos es de 5000 lux. Una simplificación de este tipo de cielo es conocida como cielo de luminancias uniformemente distribuidas (Figura 105), que supone una capa de nubes blancas de espesor constante y una atmosfera de turbidez constante, por lo tanto su distribución de luminancias es: $L(\theta) = \text{constante}$

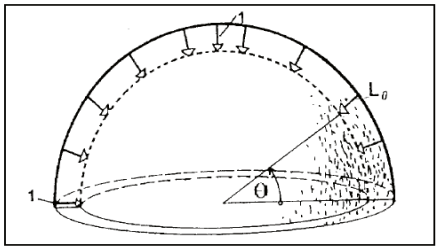


Figura 104. Distribución de luminancias en cielo uniforme

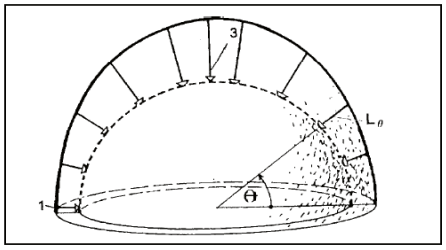


Figura 105. Distribución de luminancias en cielo nublado (Pattini, 2004)

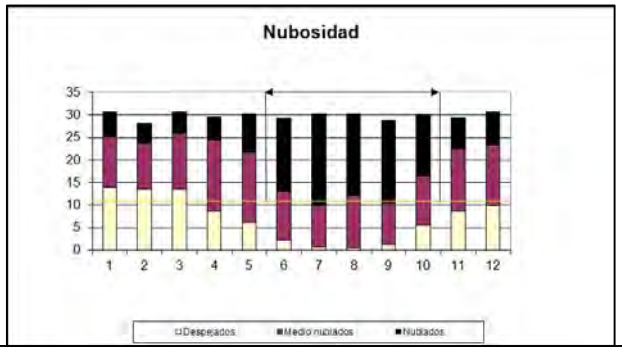
Todo esto es útil a pesar de todo porque nos permiten definir las condiciones de cielo ya que las ecuaciones sólo dan valores relativos, no absolutos, y muestran que como conclusiones:

*Cuando el cielo está nublado, el cenit es tres veces más luminoso que el horizonte.

*Si se considera un cielo uniforme a modo de simplificación para los cálculos, en este caso las luminancias provenientes del cielo "uniformemente nublado" son asumidas como isotrópicas (iguales independientemente de la dirección de donde provienen).

* En un cielo claro la parte del cielo más brillante es la que se encuentra en el sol y en anillo que lo circula (circunsolar) y la más oscura (azul intenso) es la que se encuentra a 90° del sol; de esta manera, el horizonte puede ser más luminoso que el cenit en condiciones de cielo claro. El tipo de cielo, y su correspondiente distribución de luminancias –claridad-, característico del lugar donde se emplazará una construcción, puede ser establecido con precisión mediante el análisis de la frecuencia de ocurrencia de cielo claro o con nubes a partir de los datos meteorológicos locales, pudiéndose completar la información respecto a la distribución de luminancias con mediciones locales de cielo (Pattini y otros, 1994).

De igual forma esos datos se pueden obtener por medio autoridades meteorológicas, normales climatológicas y vaciando los datos en hojas de Excel (Figura 106) para determinar el comportamiento de la nubosidad en el sitio.



NUBOSIDAD														
Despejados	%	45,16%	47,86%	43,35%	29,07%	19,68%	7,53%	1,94%	1,71%	3,90%	17,42%	29,00%	32,13%	23,23%
Medio Nublado	%	35,94%	37,00%	39,90%	52,07%	50,48%	36,00%	30,10%	37,19%	30,87%	35,35%	46,10%	43,32%	39,53%
Nublado o cerrado	%	17,84%	15,46%	15,23%	17,10%	27,58%	53,87%	65,35%	58,58%	61,67%	43,65%	23,00%	23,10%	35,20%
Despejados + Medio nublados	%	81,10%	84,86%	83,26%	81,13%	70,16%	43,53%	32,03%	38,90%	34,77%	52,77%	75,10%	75,45%	62,76%
Medio Nublado + Nublados	%	53,77%	52,46%	55,13%	69,17%	78,06%	89,87%	95,45%	95,77%	92,53%	79,00%	69,10%	66,42%	74,73%
Despejados + Medio nublados /2	días	19,6	18,6	19,6	16,5	13,9	7,7	5,3	6,3	5,8	10,9	15,6	16,7	156,4
Nublados + Medio nublados /2	días	11,1	9,5	10,9	12,9	16,4	21,6	24,9	23,9	23,1	19,0	13,8	13,9	201,1

Figura 106. Nubosidad para el caso de la Ciudad de México por el Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet

3) Insolación

Conocer la radiación, la nubosidad y la insolación en su conjunto, nos sirve para saber si podemos aprovechar estrategias de calentamiento directo o algunas eco-tecnologías que dependen directamente de la luz solar y sobre todo para identificar el potencial de iluminación natural de la región (Figura 107).

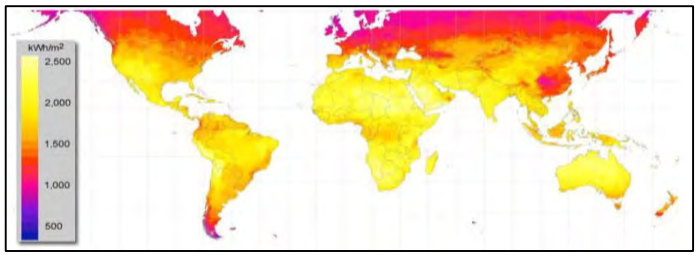
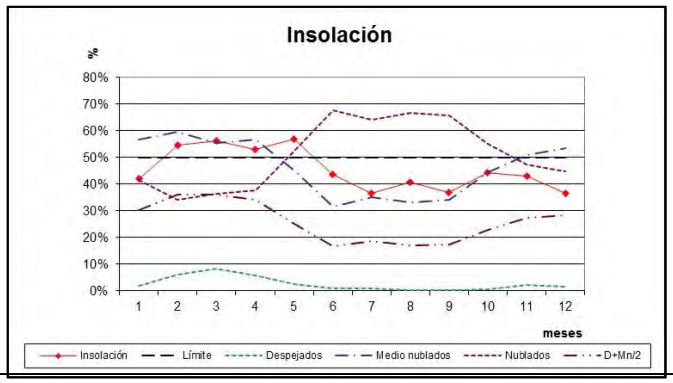


Figura 107. Mapa mundial de insolación total anual

Fuente:http://escritura.proyectolatin.org/introduccion-al-estudio-de-fuentes-renovables-de-energia

La insolación, es la cantidad total de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1 m2, para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, es decir, el número de horas que recibe de luz solar un punto en específico. (GIZ, 2013).

Estos datos se pueden obtener estimar y calcular en normales climatológicas y hojas de cálculo (Figura 108).



INSOLACIÓN														
Insolación promedio diario	hr	4,6	6,3	6,7	6,7	7,4	5,8	4,8	5,1	4,4	5,1	4,7	3,9	5,5
Relación con duración del día	%	42,0%	54,7%	56,2%	52,9%	56,7%	43,6%	36,4%	40,5%	36,7%	44,2%	43,0%	36,4%	45,4%
horas con radiación mayor a 120 W/m2	hr	7,0	9,0	9,0	9,0	11,0	11,0	11,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	9,0
diferencia máxima / real	hr	2,4	2,8	2,3	2,3	3,6	5,2	6,2	3,9	4,6	3,9	2,3	3,1	3,5
diferencia relativa	%	65,4%	69,4%	74,9%	74,1%	67,4%	52,7%	43,4%	57,0%	48,9%	56,3%	67,1%	55,8%	61,0%

Figura 108. Insolación para el caso de la ciudad de México por el Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet

6.2.1.3 OBSTRUCCIONES

Las obstrucciones son objetos que reducen la visión del cielo a través de cualquier sistema de ventanería. Pueden ser clasificados en dos grupos principales: los naturales ya sean obstáculos tales como árboles, terreno en pendiente y artificiales: estructuras edificadas de cualquier tipo, que raramente pueden ser modificados.

Las condiciones de iluminación que existen en el interior de los espacios arquitectónicos, como hemos dicho anteriormente, se verán siempre modificados de acuerdo al entorno que rodea al edificio ya que las obstrucciones bloquean el paso de la luz solar a su alrededor y pueden modificar la cantidad y calidad de luz en ciertas horas del día por el movimiento mismo del sol a lo largo del día y del año.

6.2.1.3.1 TOPOGRAFÍA Y EDIFICIOS COLINDANTES

Existe una relación muy importante respecto al edificio de estudio con los espacios que lo rodean, hay muchas formas para iluminar los espacios naturalmente, sin embargo, aun cuando una ventana proporcione luz, esto no significa que haya un incremento de los niveles de iluminación a los espacios, se debe de promover la distribución de la luz y crear un vínculo con el exterior o lo que lo rodee y aplicar algún dispositivo de iluminación diurna.

La implantación dentro del lugar es el factor más importante que afecta a la disponibilidad de luz solar dentro de un edificio. Para el diseño solar pasivo, que constituye la mayoría de las ganancias solares en invierno, es especialmente importante considerar el grado de obstrucciones u obstáculos que existan (Figura 109).

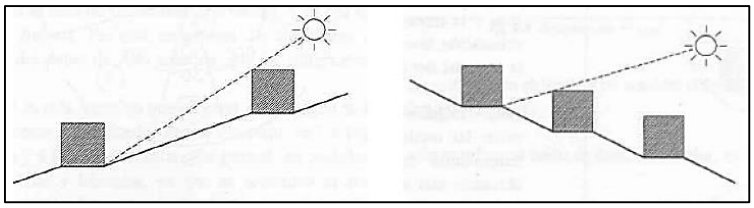


Figura 109. Obstrucciones y su repercusión de una abertura al norte y al sur (Serra, 1999)

Una pendiente orientada al sur experimentará mayores temperaturas que una pendiente orientada al norte, y es probable que quede protegida de los fríos vientos del norte así como que reciba una radiación solar incrementada. La pendiente en cualquier dirección reducirá la cantidad de luz natural que alcanza las ventanas que miran hacia la pendiente.

La Figura 110 muestra un ejemplo de una situación donde aumenta el espacio necesario del edificio para dar las mismas iluminancias de luz natural en la pared de la ventana

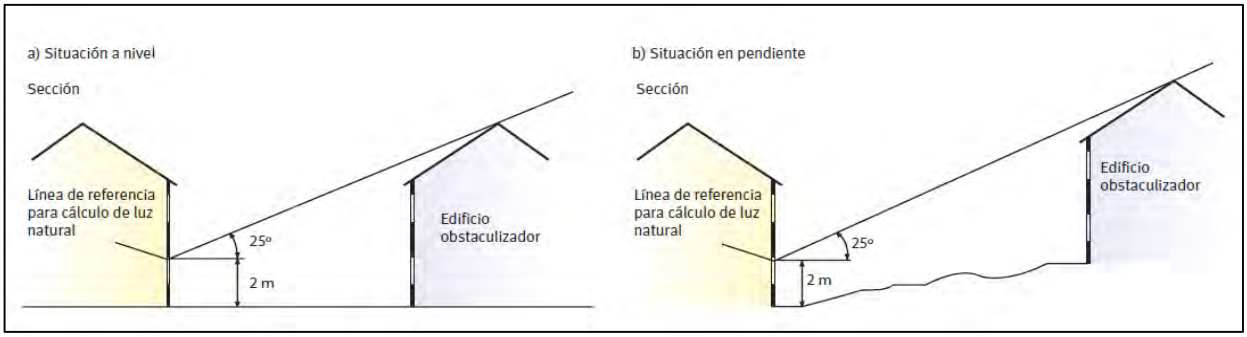


Figura 110. La formación de sombras depende en gran medida donde se ubica el edificio, ya sea de manera nivelada o cuando está en pendiente (CEI, 2005)

Los efectos de obstrucciones y la orientación en la disponibilidad de luz solar pueden ser encontrados utilizando una carta solar estereográfica. La Figura 111 muestra un ejemplo de una gráfica solar estereográfica para una latitud de 51ºN comparada con una de 19º para la ciudad de México.

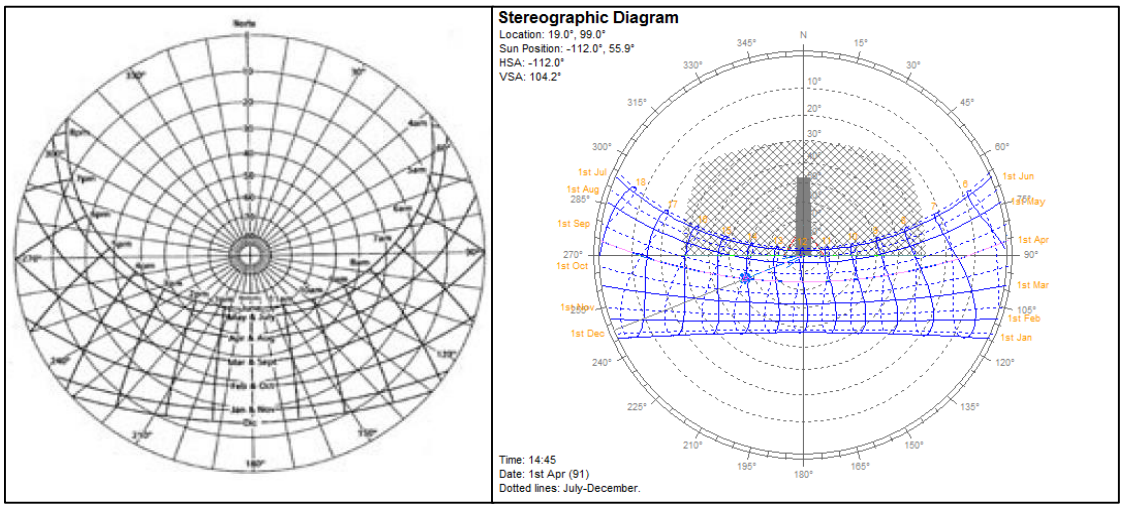


Figura 111. Graficas solares estereográficas de latitud 51º y 19º (CEI, 2005)

La Figura 112 muestra un ejemplo de implantación de edificio: un edificio en forma de L de 20 m de altura. Se requieren los instantes en los que el edificio produce sombra en el punto marcado como "Posición del observador" y para ello se auxilia con la gráfica anterior trazando el contorno del edificio, midiendo:

1) La distancia X, desde el observador a cada esquina del edificio que obstaculiza la luz del sol
2) El Angulo acimutal α, o soporte del norte de cada esquina

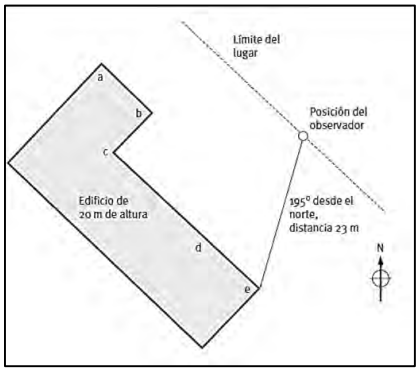


Figura 112. Plano de un edificio tipo en forma L en relación a la posición de visión en el sitio (CEI, 2005)

La distancia X se emplea para encontrar el Angulo ɣ de elevación por encima del horizonte de cada esquina de línea de cielo Si h es la altura del edificio obstaculizador por encima de la posición del observador, expresándose en la Ecuación 13:

$$\gamma = \arctan\left(\frac{h}{x}\right)$$

Ecuación 13. Angulo de elevación (IDAE, 2005)

La Figura 113 da los valores para el ejemplo, donde se trazan los puntos usando sus ángulos en la Figura 150 lo que da un contorno del edificio que aparece representado en la Figura 151. En la proyección estereográfica, una línea de cielo horizontal es transformada en una curva; así, es útil tomar el punto intermedio para ayudar a dibujar con exactitud, todo esto puede ser auxiliado por el programa Ecotect Autodesk 2011, el cual sirve de gran apoyo en análisis bioclimáticos.

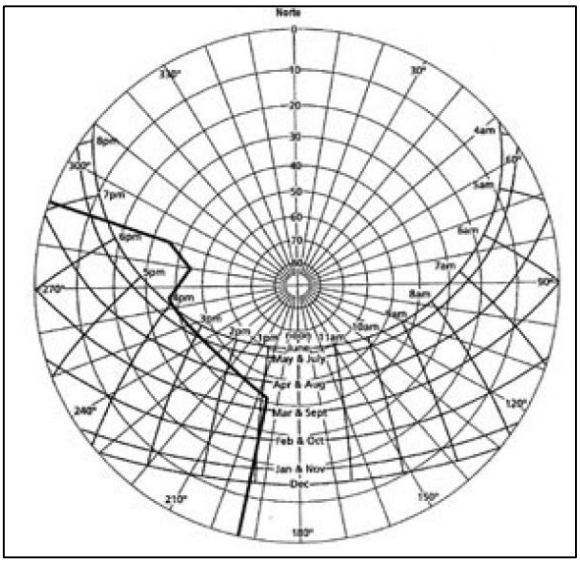


Figura 113. Edificio L trazado en la gráfica estereográfica (CEI, 2005)

En la figura anterior el área marcada con trazo grueso indica los instantes y fechas en el que el punto de referencia no recibirá luz del sol, una carta solar estereográfica puede también ser utilizada para leer la elevación solar y el azimut a una hora dada, estos ángulos pueden entonces ser utilizados para trazar una sombra en el plano del lugar de manera gráfica (CEI-IDAE, 2005).

Podemos concluir en este apartado que el diseño debe procurar siempre la optimización de la orientación de los edificios dentro del terreno, tanto a nivel de topografía, como de sus edificios colindantes o adyacentes para permitir, dentro de sus posibilidades de los predios, el acceso de la luz natural a la mayoría de los locales.

6.2.1.3.2 VEGETACIÓN Y REFLECTANCIAS EXTERIORES

La vegetación es un elemento bioclimático muy importante ya que si se integra en el diseño de la Arquitectura y el Urbanismo, actúa como parte activa en la optimización energética (reduce las ganancias por soleamiento, refrigera el aire, etc.), y sirve además como instrumento de calidad ambiental (controla el soleamiento, reduce las escorrentías provocadas por la lluvias, aporta calidad visual y colorido, etc.)

Entre las ventajas de la vegetación asociada a la edificación podemos citar las siguientes (M. Chanampa, 2010):

- **Mejora de la calidad del aire**
- **Protección contra el ruido**
- **Beneficios térmicos**
- **Mejora estética**
- **Protección estructural**
- **Protección del medio ambiente**

Sin embargo, la selección y la plantación de vegetación no adecuada pueden causar algunos problemas, como el consumo importante de agua para irrigación, producción excesiva de desechos vegetales (hojas y ramas secas), daños estructurales a edificios, averías a instalaciones aéreas y subterráneas, maña visibilidad y carencia de luz, etc. (Figura 114). La utilización de especies endémicas, es altamente recomendable, ya que están perfectamente adaptadas a las condiciones climáticas del lugar.

Figura 114. Uso irracional de la vegetación
Fuente:http://almadeherrero.blogspot.mx/2013/09/las-casas-se-hunden-por-el-tejado.html

Reflectancias exteriores

Todos los obstáculos deben ser considerados evaluando la luz del cielo y las componentes reflejadas exteriormente de la luz natural calculada, sin embargo también debe tenerse en cuenta la reflectancia del terreno, pero hay que tener en mente que algunos obstáculos pueden no ser conocidos, o puede no existir en el momento del proceso de diseño.

El color de la luz natural o diurna resulta de la mezcla aditiva de la luz coloreada procedente de cuatro fuentes: el cielo azul; la luz solar, de color más amarillo; el suelo o terreno, que si está cubierto de vegetación es verde; y finalmente las otras superficies reflectantes, de variados colores.

La componente reflejada exteriormente de la luz natural contribuye de modo significativo en muchos casos a la iluminancia del interior, particularmente en zonas interiores profundas. Por ello es esencial conocer, tanto como sea posible, las reflectancias de todas las superficies exteriores importantes, es decir, contemplar todo el entorno del proyecto, tanto inmediato como mediato (Figura 115). Es una práctica común suponer que todas las reflectancia exteriores son difusas y por ello relativamente independientes de la dirección de la luz incidente o del ángulo según el cual se ven dicha superficies.

Figura 115. Consideración de las reflectancias inmediatas y mediatas
Fuente:http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.mx/2011/02/reubicacion-de-monumentos-plaza-de-los.html

En la mayor parte de los casos, este error puede no ser significativo; sin embargo, cuando están implicadas superficies de agua o acristalamientos muy reflectantes de edificios adyacentes, no puede ignorarse la reflexión especular de la luz solar directa, en este caso, se deben contemplar las reflectancias del terreno, elementos acuáticos, arbolado y vegetación exterior (CEI-IDAE, 2005).

Usualmente se supone que la reflectancia del terreno es uniforme para el área total vista a través de las ventanas, aunque esto no sea así. Sin embargo, solamente algunos programas avanzados de cálculo de luz natural por ordenador son capaces de calcular los efectos de los valores de la reflectancia variable del terreno. Para la mayor parte de las aplicaciones prácticas es suficiente un valor promedio de reflectancia del terreno, considerando que el terreno húmedo usualmente tiene una reflectancia considerablemente inferior, mientras que el terreno cubierto con nieve tiene una reflectancia mucho mayor (Tabla 38).

Reflectancia (%) de varias superficies en el rango espectral de la radiación solar

Tipo de superficie	Reflectancia (%)
Suelo húmedo	10 a 30
Arena seca	35 a 45
Suelo seco	25 a 45
Pasto	15 a 25
Bosque	10 a 20
Nieve (limpia y seca)	75 a 95
Nieve (sucia y mojada)	25 a 75
Superficie de agua (ángulo solar > 25)	<10
Superficie de agua (ángulo solar bajo)	10 a 20

©The COMET Program

Tabla 38. Reflectancias de algunas Superficies
Fuente: https://www.meted.ucar.edu/

Mientras la reflectancia del terreno puede ser considerablemente variable, las reflectancias de otras superficies exteriores son tanto variables como impredecibles (Macho, 1998). Las reflectancias de las fachadas de edificios, vegetación y terrenos pendientes pueden cambiar con el tiempo, debido a nuevas construcciones así como a las variaciones estacionales (Tabla 39).

Tipo de superficie	Albedo %	Emisividad %
Suelos	5-75	90-98
Húmedo obscuro cultivado	5-15	
Húmedo gris	10-20	
Seco arenoso	25-35	84-91
Húmedo arenoso	20-30	
Dunas de arena seca	30-75	
Vegetación	5-30	90-99
Césped	20-30	90-95
Campos verdes	3-15	
Campos de trigo	15-25	
Pradera	10-30	
Chaparral	15-20	
Pastizal	25-30	
Bosque mixto	5-20	
Caducifolias sin hojas	15	97
Caducifolias con hojas	20	98
Coníferas	5-16	97-98
Bosque pantanoso	12	97-99
Agua	5-95	92-97
Altura solar alta	5	92-97
Altura solar baja	95	92-97
Nieve fresca y limpia	70-95	99
Nieve vieja	40-70	82
Superficies Urbanas		
Asfalto	5-15	95
Hormigón	10-50	71-90
Ladrillo	20-50	90-92
Piedra	20-35	85-95
Pintura blanca	50-90	85-95
Pintura roja, verde, café	20-35	85-95
Pintura negra	2-15	90-98

Tabla 39. Propiedades de superficies encontradas frecuentemente en los espacios urbanos (Molina, 1998)

Es importante tener el mayor conocimiento posible, acerca de las cualidades y requerimientos de la vegetación, antes de emprender un proyecto de estas características, lo que hace necesario un lenguaje común para una colaboración estrecha entre el arquitecto, urbanista, diseñador de espacios exteriores y los especialistas en vegetación, lo cual es uno de los objetivos principales de este trabajo, contemplar de manera integral los beneficios y perjuicios del uso de la vegetación.

De manera general es necesario considerar los siguientes factores en el diseño paisajístico de nuestro proyecto y así aprovechar todos los beneficios comentados anteriormente:

1.- La selección del espacio en base al desarrollo del árbol

Un árbol experimenta un crecimiento en tres dimensiones que va a ocupar un determinado volumen en el espacio, por lo tanto, debemos realizar una proyección del volumen que ocupará teniendo claro que la falta de espacio pueden generar una gran cantidad de problemas relacionados con la afectación de infraestructura y sobre todo variabilidad en la iluminación, en cambio al tener suficiente espacio el árbol tiene la oportunidad de crecer al máximo de su altura y proyectar una copa natural (Figura 116).

Figura 116. A la izquierda un Ficus benjamina sin restricciones de espacio, a la derecha se observa una hilera de ellos plantados contiguamente a un edificio.
Fuente: http://arbolenferrmo.org/sembrar.html

En ambientes urbanos no es raro encontrar graves problemas derivados de la incorrecta selección de un lugar de plantación y que resultan en afectaciones de banquetas, bardas, cableado eléctrico aéreo, tubería subterránea, casas y edificaciones pequeñas, etc. Dando como resultado final la necesidad de derribo y retiro del árbol (Granados H., 2006).

Se debe de recordar siempre que los árboles crecen y por ello es necesario dotarlos del espacio adecuado que alcanzarán ya como adultos.

Por tanto el primer paso es visualizar el volumen del árbol ya adulto en el espacio que tenemos proyectado para la plantación. La Tabla 40 muestra las dimensiones estándar que llegan a alcanzar algunas especies comunes de árboles en ambientes urbanos. La recomendación final es elegir aquellas opciones más viables y escoger de entre ellas la especie de árbol que vamos a plantar.

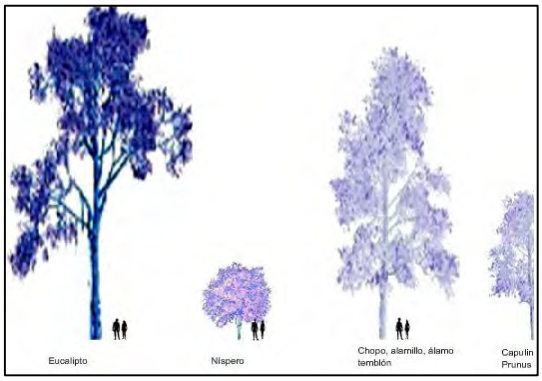
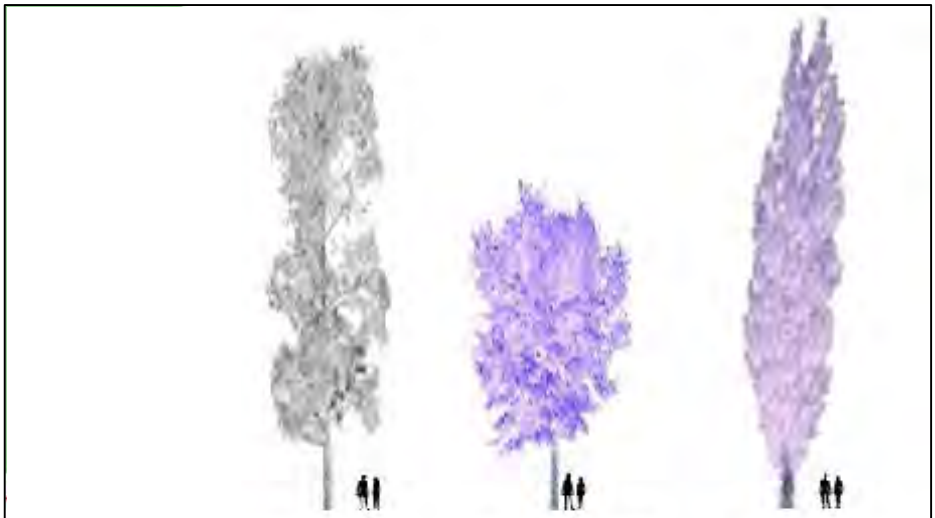


Tabla 40. Visualización conceptual del árbol desde su etapa inicial



N. común	Alamo plateado	Arce, negundo, acerozintle	Ciprés italiano
N. científico	Stapf. Populus alba Linn.	Acer negundo	Cupresuss sempervirens
Origen	Europa Oriental y Asia	Norteamérica	Región Mediterránea
Crecimiento	Medio	Rápido	Rápido (primeros años)
Longevidad	Más de 100 años	Más de 80 años	Hasta 500 años
Sombra	Media	Media	Densa
Diámetro de copa	10 a 30m	15 a 20m	15 a 30m
Altura	7m	8m	4m
Diámetro tronco	35cm	80cm	50cm
Raíz	superficial	Profunda	Profunda

Tabla 40. Visualización conceptual del árbol desde su etapa inicial (continuación)
Fuente: http://arbolenferrmo.org/sembrar.html

2.- Elección del árbol.

Todos las plantas, requieren de un cierto intervalo de seis elementos básicos para su desarrollo: agua, nutrientes, luz solar, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono (los dos últimos no son limitativos). Para conocer el rango de requerimientos específicos de cada árbol es necesario asesorarse con un experto para tener información sobre el tipo de suelo y algunas condiciones climáticas necesarias, materia orgánica, pH, salinidad, profundidad, influencias climáticas, y así aprovechar al máximo las propiedades del árbol en la arquitectura bioclimática.

3.- Tolerancia a sombra.

El sol es fundamental para la realización de la fotosíntesis y por tanto los árboles tienen una tendencia a modificar su estructura para obtener la mayor cantidad de luz solar ante un obstáculo (fototropismo

positivo), esto aun cuando haya un espacio suficiente para el desarrollo de la copa (Figura 117a). Sin embargo algunas especies pueden tolerar una menor exposición y por lo tanto modifican menos su estructura (Figura 117b). En árboles con poco espacio para copa y poca resistencia a sombra la modificación de la estructura es mayúscula (Figura 117c)

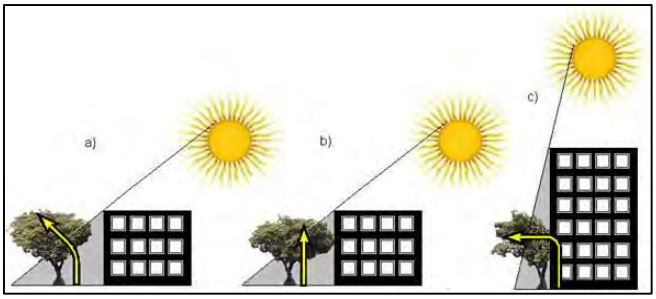


Figura 117. Tolerancia a sombra de los arboles
Fuente: http://arbolenferrmo.org/sembrar.html

Actualmente se integra la vegetación y se considera como parte vital de su estructura de cualquier edificio moderno en donde se implementan arboles desde los 3 hasta los 19 metros en sus jardineras o azoteas, llamados bosques verticales, enfocándose a reducir las cargas térmicas por radiación solar en verano y aumentándola en invierno cuando estén sus ramas sin hojas, además que el CO_2 liberado durante su construcción se verá luego compensado con su uso, sin embargo, dejan totalmente de lado las cuestiones de iluminación natural; siendo siempre enfrentados estos dos conceptos: ganancias o pérdidas de radiación solar vs el uso de la iluminación natural (Figura 118).

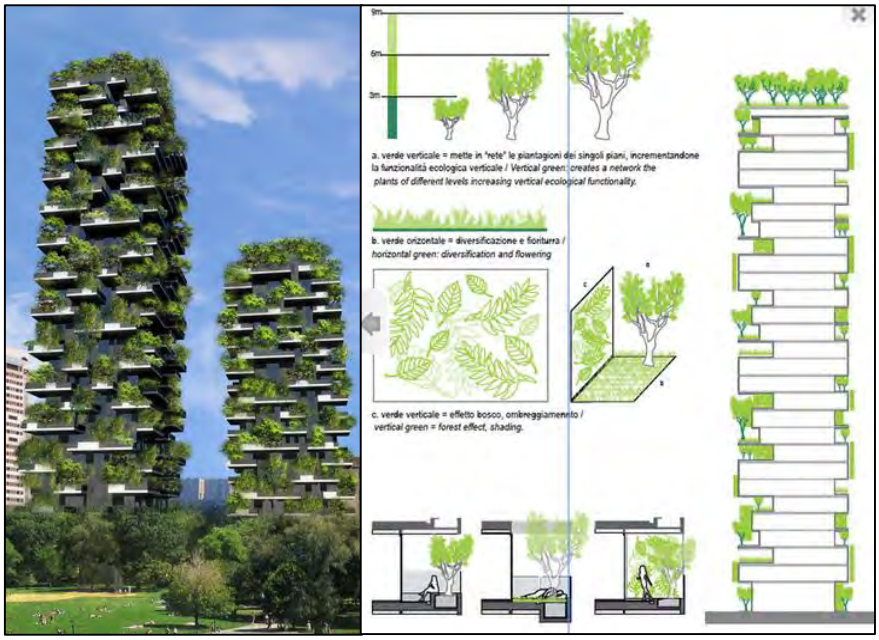


Figura 118. Proyecto de Bosco Verticale por Stefano Boeri
Fuente:http://blog.is-arquitectura.es/2011/10/20/bosco-verticales-torres-de-viviendas-con-arboles-en-milan/

6.2.2 EL USUARIO

Los seres humanos poseen una capacidad extraordinaria para adaptarse a su ambiente y a su entorno inmediato. De todos los tipos de energía que pueden utilizar los humanos, la luz es la más importante. La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean (Ramirez & Arias, 2004).

6.2.2.1 EFECTOS DE LA LUZ NATURAL Y ARTIFICIAL SOBRE LAS PERSONAS

La luz es el "**marcador temporal**" de nuestro reloj biológico; un estímulo que influye en el estado de ánimo, tanto desde el punto de vista psicológico como fisiológico. Mediante una adecuada iluminación, las personas son capaces de rendir más y mejor, pueden avivar su estado de alerta, pueden mejorar su sueño y en resumen su bienestar. Las exigencias, recomendaciones y normas de iluminación deberán, por tanto, basarse no sólo en las puras necesidades fisiológicas sino también en las biológicas del ser humano (Morales, 2011).

6.2.2.1.1 BIOLÓGICOS

Aunque el efecto beneficioso de la luz natural es bien conocido desde la antigüedad, dado que la helioterapia y el posterior empleo de la fototerapia fueron muy populares hasta principios del siglo XX, la extensión masiva de los productos farmacéuticos hizo abandonar prácticamente este tipo de terapias. Gracias a los avances en investigación médica y biológica, ha vuelto en nuestros días a darse la importancia debida al carácter beneficioso de la luz (ya sea natural o artificial) para la salud y el bienestar. Pero a pesar de ello, el conocimiento de los efectos de la luz que penetra a través del ojo humano no se ha divulgado suficientemente.

Dichos efectos se agrupan de la siguiente manera:

*Control del reloj biológico

*Efectos de la luz sobre el sueño, la cura de enfermedades y el estado de ánimo

*Influencia sobre la actividad de las personas

En un ambiente natural, la luz ocular sincroniza el reloj corporal con el ciclo de luz/oscuridad de 24 horas de tierra. Así, en ausencia total de luz, el reloj biológico inicia su funcionamiento autónomo que dura aproximadamente 24 horas y 15 minutos, y por tanto se va desviando cada vez más del tiempo del reloj ambiental. Los síntomas que se presentan son similares al desfase que se produce después de viajar por varias zonas horarias (JET-LAG) (Borisuit, A., Scartezzini, J.-L. & Thanachareonkit, A., 2010) (Figura 119).

Pasados unos días, los síntomas desaparecen y la regulación circadiana se restablece porque la luz (el nuevo ciclo diario luz/oscuridad) reajusta el reloj corporal y propicia la consecución de la nueva sincronización. De acuerdo con esto, la luz artificial también puede emplearse para acelerar los reajustes en el caso del desfase horario, así como para optimizar la adaptación a los turnos de trabajo nocturno.

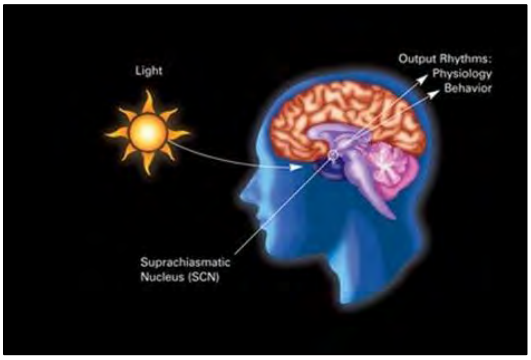


Figura 119. Reloj biológico o ritmo circadiano
Fuente: http://depsicologia.com/reloj-biologico-o-ritmo-cicardiano-para-que-sirven/

6.2.2.1.2 PSICOLÓGICOS

El estado de ánimo es un reflejo de las sensaciones de una persona. Factores que se sabe influyen en el estado de ánimo son el tiempo atmosférico y las estaciones, así como las condiciones visuales y el entorno (visual).

Aunque el objetivo principal de esta tesis es el aprovechamiento de la luz diurna, se ha de considerar que quizás los ahorros indirectos, mediante una buena aplicación de la luz natural, que conducen a un entorno más satisfactorio y de una mayor calidad, son incluso más importantes que los ahorros de energía directos. Por ello es extremadamente importante que la luz natural en los lugares de trabajo sea aplicada de un modo confortable y ergonómico, asegurándose de que los usuarios aceptan la luz natural aplicada y los distintos sistemas de control relacionados teniendo en cuenta las tareas que han de realizar (Figura 120 y 121).

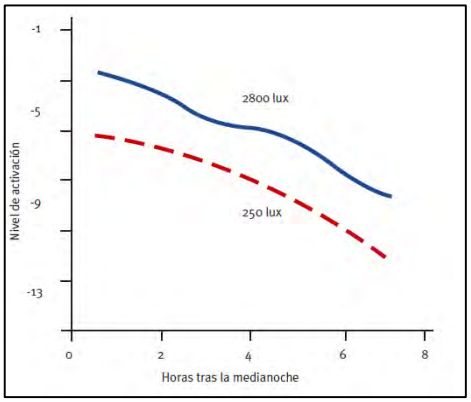


Figura 120. Estado de ánimo como nivel de activación, con iluminación uniforme de 250 lux y 2800 lux en función del número de horas de los trabajadores del turno de noche (Boyce y col.)

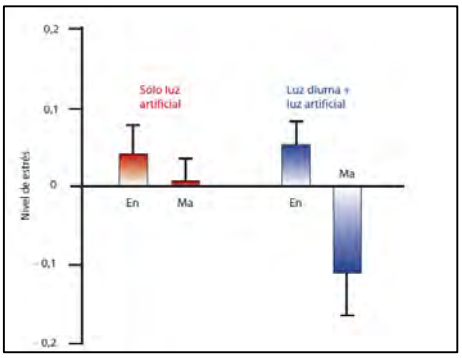


Figura 121. Niveles de estrés de un grupo de empleados que trabajaban con luz eléctrica o con una combinación de natural ya artificial (Boyce y col.)

La sensibilidad del ojo humano está adaptada al espectro de la luz solar, cualquier gama de frecuencia en los rayos solares, al margen visible – ultravioleta e infrarrojo-, tiene un impacto psicológico. Por ejemplo, el cuerpo solamente puede asimilar la vitamina D cuando la piel recibe una dosis suficiente de rayos UV. Por tanto, la luz es indispensable en los lugares de trabajo para poder desarrollar nuestras actividades; una iluminación adecuada apoya y optimiza éste, el rendimiento y disminuye errores y accidentes (Morrison A.M. et al., 2011).

6.2.2.1.3 TÉRMICOS

Las ventanas y los sistemas de iluminación con luz natural influyen no sólo en la distribución de la luz natural, sino también en la carga térmica de un edificio siendo contraproducente o beneficiosa. La utilización de la luz natural como sistema de iluminación puede ayudar a reducir las aportaciones caloríficas del edificio debido a la favorable relación lúmenes por vatio de la luz natural y, por tanto, a ahorrar energía de refrigeración o en caso contrario aumentar las cargas térmicas en invierno (Figura 122).

Figura 122. Comportamiento térmico de una vivienda tipo
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Cargas_t%C3%A9rmicas_de_climatizaci%C3%B3n

6.2.2.2 LUZ NATURAL: FUENTE DE SALUD

La mayor parte de los seres humanos le dan prioridad a la salud. Mantener ésta y conservar un bienestar fisiológico es un interés generalizado que se ha incrementado durante los últimos años, lo que se hace evidente en la creciente demanda de alimentos frescos u orgánicos, alternativas naturales o remedios tradicionales, así como el cuidado físico en general, por mencionar algunos ejemplos.

Podemos resumir los siguientes efectos beneficiosos (Morrison A.M. et al., 2011):

1. Acción psicoeuforizante y antidepresiva por contribuir a la producción de endorfinas por la acción de los rayos luminosos captados por la retina en relación directa con el eje córtico hipotálamo-endocrino.

2. Aumento del tono muscular que mejora la potencia y el rendimiento motor, sin aumentar el volumen del músculo.

3. La insolación regular aumenta la amplitud respiratoria.

4. La luz solar activa la elaboración de los glóbulos rojos y de la hemoglobina que capta el oxígeno a nivel del pulmón.

5. El baño de luz regular activa el sistema responsable de la inmunidad frente a los micelios y virus alojados en la piel y las mucosas. El sol tiene una acción destructora directa, pero en especial activo todos los procesos defensivos del organismo.

6. La luz solar, y más concretamente, los rayos UVB transforman la dehidrocolesterina, provitamina subcutánea, en vitamina D3.

7. El sol regula el metabolismo del calcio mediante la vitamina D 3 anteriormente citada.

8. La luz solar contribuye a la desintoxicación del organismo.

9. Aumento en la secreción por parte de los ovarios y testículos, con lo que se estimula la vida sexual, aparte de la repercusión orgánica general de estas hormonas.

10. Mejora la resistencia física.

11. Se fortalece el sistema inmunológico.

12. Estimula la capacidad de atención y aprendizaje.

13. Reduce el hambre y el apetito compulsivo.

14. Minimiza las actitudes agresivas y mejora el carácter.

15. Incrementa la tolerancia a la fatiga y el estrés.

6.2.2.3 INSUFICIENDIA DE LUZ Y REPERCUSIONES EN LA SALUD

Los problemas de salud relacionados con la falta de luz natural y los mecanismos entre causa y efecto, son cada día más agobiantes escasos, sin embargo, la relación tan estrecha ha sido obvia e innegable,

por ejemplo, la carencia de luz natural en la arquitectura ha provocado el Sick-Building-Syndrom, el síndrome del edificio enfermo que afecta entre un 10% y un 30% de los ocupantes de un 30% de los edificios modernos, repercutiendo de manera grave y determinante en la salud de todos los empleados, trabajadores y/o usuarios de cualquier edificación que sufre de este mal (Figura 123).

Figura 123. Síndrome del edificio enfermo
Fuente:https://esdaiposgrados.wordpress.com/2011/11/16/sindrome-del-edificio-enfermo-por-maria-jose-soberanes-collado/

Podemos resumir las siguientes repercusiones a la salud (Moore, Fuller, s.f.):

1. Trastornos astenopicos como dolor e inflamación en los parpados, fotofobia, pesadez ocular.

2. Trastornos oculares como irritación, lagrimeo, enrojecimiento, sensación de cuerpos extraños

3. Trastornos visuales como emborronamiento de las imágenes de cerca, visión enmascarada de lejos, visión doble, cansancio de la vista.

4. Cefalalgia; donde el dolor de cabeza aparece alrededor de los ojos normalmente detrás de ellos, la fatiga visual, que es la sobrecarga de los músculos que intervienen en el enfoque, puede causar dolor de cabeza.

5. Fatiga, sensación de falta de energía, de agotamiento o de cansancio. El patrón de fatiga por mala iluminación, esta descrito como, individuos que en la mañana se levantan descansados, pero que se cansan fácilmente con la actividad. Asimismo, los individuos que se despiertan fatigados y el nivel de fatiga permanece constante durante todo el día pueden estar sufriendo depresión. La fatiga puede ser una respuesta normal e importante a la falta de buena iluminación normalmente acompañada de esfuerzo, estrés y/o la falta de sueño.
6. Se consideran el riesgo de enfermedades respiratorias

7. Interrupción del ritmo circadiano provocando Parkinson, cáncer, obesidad, diabetes.

8. Depresión invernal: Más conocido por sus siglas SAD ('triste' en inglés), el trastorno afectivo estacional o depresión invernal hace referencia a los cambios de humor graves que experimentan algunas personas durante los prolongados otoños e inviernos, cuando hay menos exposición a la luz

solar. Entre los síntomas más habituales se incluyen tristeza y ansiedad, pesimismo, sentimientos de culpa o impotencia, irritabilidad y desasosiego, pérdida de interés en actividades que antes solía disfrutar, aislamiento social, cansancio y disminución de energía, dificultad para concentrarse y recordar detalles, cambios de peso, insomnio en unos casos y exceso de somnolencia en otros, y pensamientos suicidas, como el caso de Finlandia y Noruega, con las más altas tasas de depresión y suicidios, todo esto debido a la falta de producción y regeneración hormonal y por eso influye en todo lo mencionado anteriormente.

9. La carencia de luz natural agrava o causa distintas dolencias como, trastornos afectivos, depresión insomnio, cambios de humor, falta de atención y concentración, estrés, ansiedad, mareos, inapetencia sexual, impotencia e infertilidad, síndrome premenstrual.

De entre los efectos perjudiciales más corrientes que las instalaciones artificiales de iluminación provocan sobre la visión, cabe destacar:

10. El parpadeo o efecto “flicker”, que causa distracción y puede dar lugar a molestias tales como dolores de cabeza.

Podemos preguntarnos: ¿Por qué no se maximiza el aprovechamiento de la iluminación natural? ¿Por qué gastar energía en sistemas de aire acondicionado que deben mantenerse en funcionamiento por estar impedida la ventilación directa? En resumen, no se debe menospreciar la gravedad de la falta de conocimiento de los riesgos ligados a una mala iluminación. Una buena iluminación incluye tanto la cantidad y la calidad de la luz como la periodicidad de la misma y el patrón a respetar es el acorde con la iluminación natural conforme a la cual el hombre se ha desarrollado.

6.2.2.4 LA CALIDAD DE LA IMAGEN: AGUDEZA Y PERCEPCIÓN VISUAL

La visión es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones (Ministro de Trabajo, Empleo y seguridad social. Presidencia de la Nación. Superintendencia de riesgos del trabajo. , 2011). El órgano encargado de realizar esta función es el ojo. Sin entrar en detalles, el ojo humano (Figura 124) consta de:

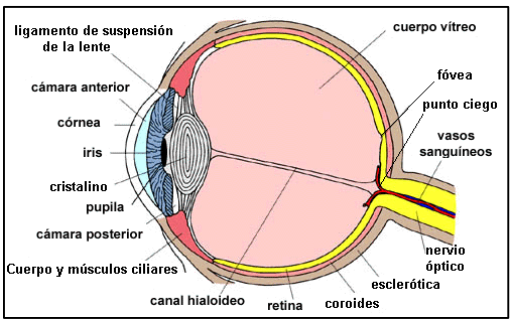


Figura 124. Corte del ojo humano
Fuente: http://www.worldaccordingtomaggie.com/photographyylms/partes-del-ojo-humano-en-ingles

En relación a la visión deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

1) Sensibilidad del ojo

Es quizás el aspecto más importante relativo a la visión y varía de un individuo a otro. Si el ojo humano percibe una serie de radiaciones comprendidas entre los 380 y los 780 nm, la sensibilidad será baja en los extremos y el máximo se encontrará en los 555 nm. En el caso de niveles de iluminación débiles esta sensibilidad máxima se desplaza hacia los 500 nm. (Figura 125).

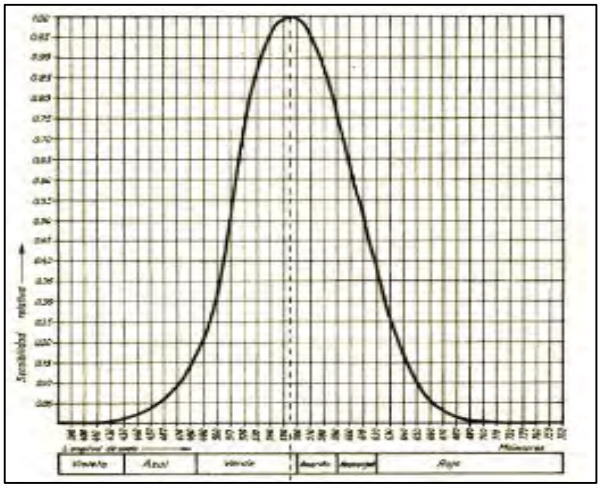


Figura 125. Sensibilidad del ojo (Marcet, 2000)

2) Agudeza Visual

La agudeza visual es una medida de la capacidad del sistema visual para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales, en un test de alto contraste y con un buen nivel de iluminación. Tener una buena agudeza visual, significa que el sujeto es capaz de apreciar pequeños detalles de una imagen, mientras que una mala agudeza visual implica que el sujeto aprecia solamente gruesos rasgos en la imagen (Marcet Felipe, 2000), es decir, el mínimo ángulo bajo el cual se pueden distinguir dos puntos distintos al quedar separadas sus imágenes en la retina; para el ojo normal se sitúa en un minuto la abertura de este ángulo. Depende asimismo de la iluminación y es mayor cuando más intensa es ésta.

¿Cómo determinar la agudeza visual de un sujeto?, existe un buen número de parámetros que es necesario conocer, por esta razón es importante analizar por separado el efecto sobre la agudeza, de cada uno de los principales factores que pueden llegar a convertirse en el factor determinante de su valor (centrándonos en los subjetivos) y se puede agrupar en cuatro grupos en los cuales ya se explicaron algunos de ellos en puntos anteriores:

1) **Factores del estímulo:** Nivel de luminancia, contraste, duración del estímulo o tiempo de exposición y distribución espectral de la luz.
2) **Factores ópticos:** Desenfoque, pupila y estado de acomodación.
3) **Factores neutrales:** Mosaico de receptores, estado de adaptación y localización del estímulo.
4) **Factores subjetivos:** Edad del sujeto.

Los factores subjetivos pueden incluir desde el estado de ánimo, el cansancio o el entrenamiento del observador, hasta la elección del método y del criterio a seguir para determinar cuándo un test es visto o no por el sujeto.

Ahora bien que pasa con la **edad,** hace más de un siglo que quedó estudiada y establecida la variación de la agudeza visual con la edad. A los diez años, o pocos años después, se alcanza la máxima agudeza visual del sujeto, aproximadamente a la misma edad en que se tiene el máximo de amplitud de acomodación. Su valor decimal puede ser de 2 y hasta de 2.5. Con la edad la agudeza decrece pero, en los sujetos emétropes adultos (entre los 20 y 40 años) suele mantenerse en un valor aproximadamente estable de 1.5 o algo menor. A partir de los 40 años ya comienza a decaer rápidamente; de modo que la agudeza unidad, considerada como "normal" para un sujeto adulto, en realidad se alcanza a los 50 años o más. A los 80 años la agudeza puede ser de 0.6, y a los 90 años de 0.3 o 0.2 (Marcet Felipe, 2000).

De acuerdo a estos estudios podemos decir que el sentido de la visión funciona en las mejores condiciones cuando se encuentra dentro de un rango que va desde los 100 a 200 lux hasta 10000 a 20000 lux, con factores medios de reflexión del 30 % al 60 % y sin fuentes de deslumbramiento dentro del campo visual.

Se ha demostrado que la necesidad de luz de cada individuo, aumenta con la edad, para cada tarea visual, y es obvio destacar que en cualquier actividad productiva encontramos una gran variedad de edades, desde una mínima de 18 años hasta los 60 años o más.

Es por ello que las personas de edad más avanzada necesitan mayores niveles de iluminación que los jóvenes para realizar una tarea visual con igual facilidad. Según estudios podemos decir que " los niveles luminosos para iguales condiciones de reflexión, tamaño y posición de una lectura con buena impresión" se observa en la tabla 41.

EDAD [AÑOS]	NIVEL LUMINOSO [LUX]
10	175
40	500
60	2500

Tabla 41. Nivel luminoso de acuerdo a la edad (Caminos, 2011)

Por esto es sumamente importante tener presente la edad del personal, ya que resulta inadecuado y deprimente para un trabajador de avanzada edad, generalmente de alta especialización artesanal o avanzado desarrollo intelectual (Figura 126 y 127), tener que trabajar en inferioridad de condiciones por malas previsiones en los niveles de iluminación.

Figura 126. Trabajo en personas de edad avanzada Fuente:http://www.vejezyvida.com/abuelos-y-nietos-navegan-juntos-por-la-red/

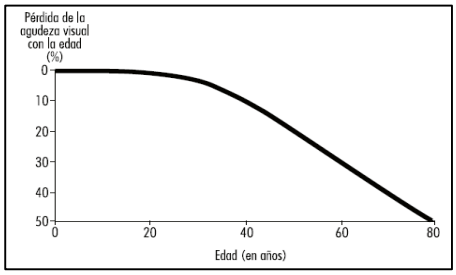


Figura 127. Pérdida de la agudeza visual (Calleja, 2000)

En este sentido, la edad es un factor importante, ya que con ella aumentan las necesidades de iluminación. La figura 128 muestra, en función de la edad, la cantidad relativa de luz necesaria para leer un libro bien impreso.

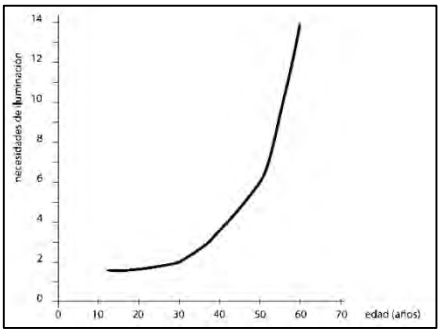


Figura 128. Soluciones eficientes para iluminación industrial por PHILIPS, 2006

Una de las muchas razones de este fenómeno, ilustrado en la siguiente Figura 129, es el deterioro de la transmitancia del cristalino del ojo con respecto a la edad.

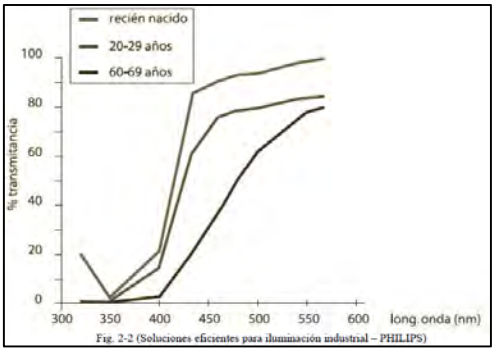


Figura 129. Soluciones eficientes para iluminación industrial por PHILIPS, 2006

3) Campo visual

Si consideramos el ojo en una posición fija, mirando al frente, el campo visual se extiende 60º en la dirección superior, 75º en la inferior, 60º del lado nasal y 100º del lado temporal. Estos valores son aproximados y varían de unos individuos a otros dependiendo de su anatomía facial (nariz, cejas, etc.) (Figura 130).

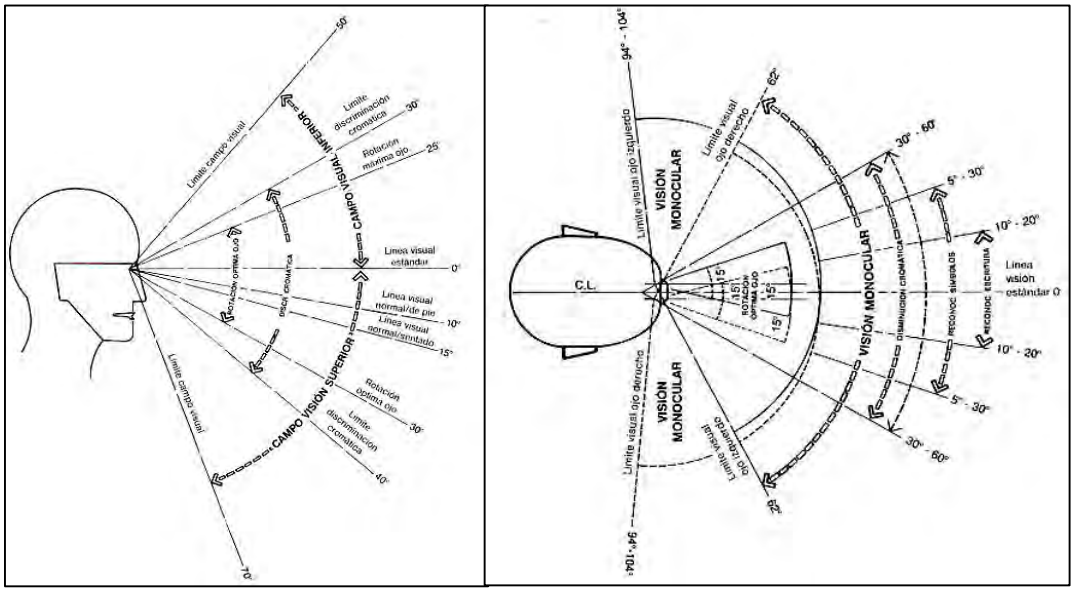


Figura 130. Campo visual vertical y horizontal por PHILIPS, 2006

Un factor adicional es el intervalo de tiempo durante el que se produce la visión. El tiempo de exposición será mayor o menor en función de si el objeto y el observador están estáticos, o de si uno de ellos o ambos se están movimiento. La capacidad del ojo para adaptarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de los objetos también puede influir considerablemente en la visibilidad.

Influencia en las actividades de los usuarios

Distintos institutos de investigación de Europa y los Estados Unidos, han realizado diversos estudios sobre la incidencia de los niveles de iluminación en distintos ambientes de trabajo en los niveles de producción. Se seleccionaron distintos tipos de industrias en donde se crearon ambientes con iluminación totalmente artificial en cualquier hora del día, con prescindencia total de la iluminación natural.

Estos estudios se realizaron para las distintas industrias en períodos que abarcaron lapsos de dos a cuatros años, en dicho lapso, el tipo de trabajo fue el mismo y se trató de evitar innovaciones tecnológicas que introdujeran cambios en la producción, y se establecieron condiciones de sueldo que de por si no modificaran la incentivación en las tareas.

Se trató además una mínima renovación de personal después de las mejoras introducidas en el alumbrado artificial y se trabajó con niveles de iluminación que llegaban hasta los 1000 a 1200 lux que hasta ese momento se consideraban altos. Los resultados son obvios y positivos como se ha venido comentando a lo largo de esta investigación:

a) Mayor rendimiento en las tareas:

Se observa en la Figura 131 el incremento del rendimiento a medida que se incrementan los niveles de iluminación, lo que implica que a mayores niveles luminosos puede corresponder mayor productividad.

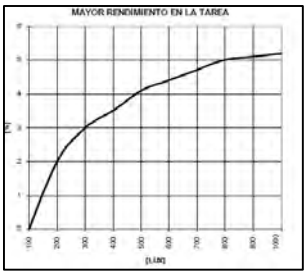


Figura 131. Rendimiento en la tarea dependiendo la iluminación (Zappalorto, Luis)

b) Reducción de fatigas

En la Figura 132 se observa que a medida que aumenta el nivel de iluminación se reduce la fatiga del trabajador.

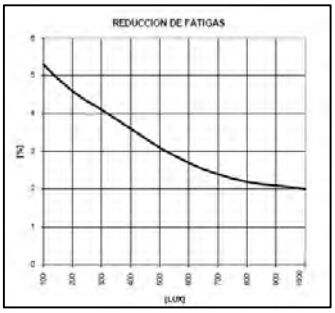


Figura 132. Reducción de la fatiga en relación a la iluminación (Zappalorto, Luis)

c) Disminución de rechazos de piezas mal terminadas

La Figura 133 ejemplifica como al mejorar los niveles de iluminación, el trabajador puede desarrollar su tarea con mayor facilidad y por lo tanto disminuye sensiblemente el rechazo de piezas.

Figura 133. Disminución de rechazo de piezas mal terminadas en relación a la iluminación (Zappalorto, Luis)

d) Menor número de accidentes

Se observa en la Figura 134 que el número porcentual de accidentes decrece notablemente.

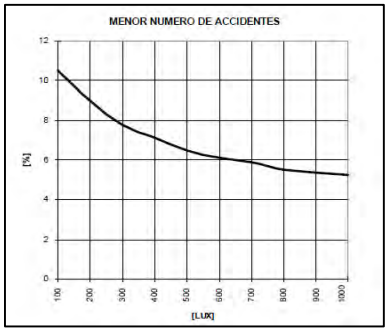


Figura 134. Menor número accidentes en relación a la iluminación (Zappalorto, Luis)

Por otra parte se realizaron estudios para verificar si es posible utilizar un nivel de iluminación más alto para acelerar y mejorar la calidad de los trabajos más sencillos. La tabla 42 ilustra con cifras la reducción de accidentes en dos tareas, previo seguimiento de la mejora en la productividad y del descenso en el número de rechazos.

Tipo de trabajo	Nivel de iluminación (Lux)		Reducción de accidente (%)
	Antes	Después	
Metalúrgica	300	2000	52
Tareas visuales complejas en metalurgia	500	1600 - 2500	50

Tabla 42. Reducción del número de accidentes tras mejorar el nivel de iluminación (Handbuch Fur Beleuchtung)

La Figura 135 determina el número de accidentes laborales en función del nivel de iluminación y por tipo de lesión. También en este caso se advierte una tendencia manifiesta a la reducción del número de accidentes cuanto mayor es la calidad de la iluminación.

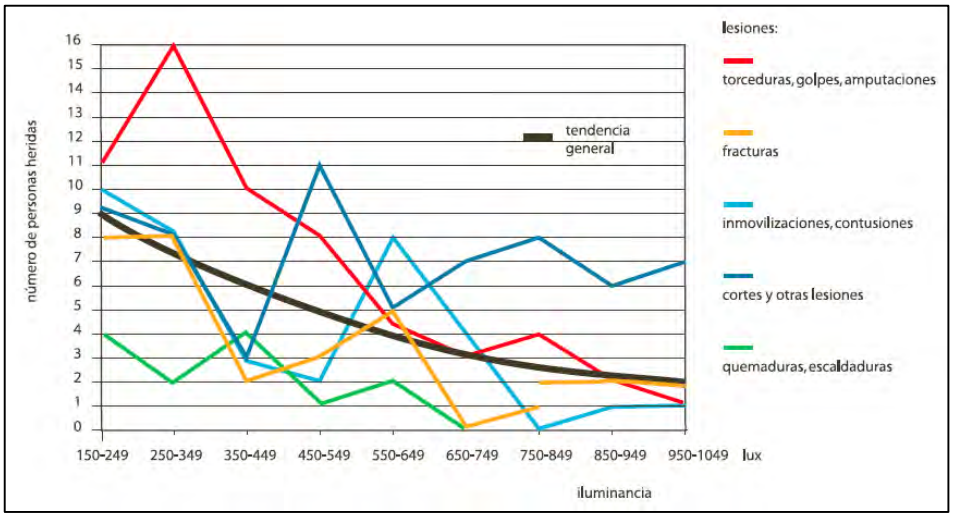


Figura 135. Número de personas heridas en relación a la iluminación por PHILIPS, 2006

e) Aumento de productividad

Se realizó la experiencia de clasificación de seis tipos de tornillos fáciles de diferenciar, a través de las mismas personas y locales. Modificándose únicamente los niveles de iluminación y se trazaron dos curvas, la primera correspondiente al aumento de productividad versus aumento de los niveles de iluminación (Figura 136) y otra considerando a reducción de errores cometidos al llevar a cabo la tarea (Figura 137).

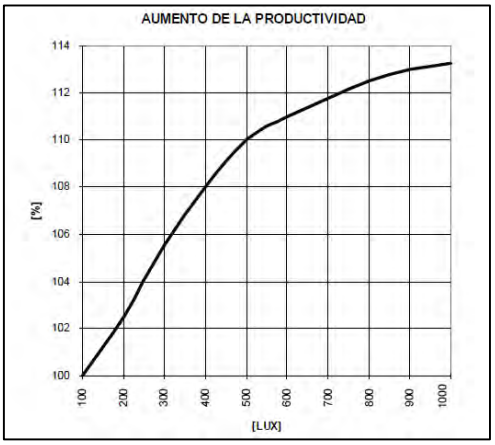


Figura 136. Aumento de la productividad en relación con la iluminación (Zappalorto, Luis)

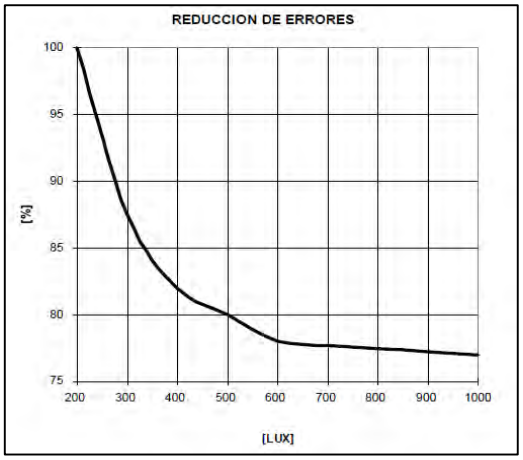


Figura 137. Reducción de errores en relación con la iluminación (Zappalorto, Luis)

Observando las mismas se nota un incremento importante de la productividad al aumentar los niveles de iluminación y una importante disminución de los errores cometidos. Por lo tanto de estos estudios se puede concluir que el aumento de los niveles de iluminación trae diversas ventajas:

- Aumento de productividad
- Reducción de fatiga del trabajador
- Menor cantidad de piezas rechazadas
- Menor número de accidentes

- Disminución porcentual de errores para llevar a cabo una determinada tarea.

6.2.3 EL ESPACIO

El espacio arquitectónico hace referencia al lugar cuya producción es el objeto de la arquitectura. Puede decirse, pues, que la función principal de un arquitecto es la configuración de espacios arquitectónicos adecuados y confortables. Para lograr esto, el arquitecto se vale de elementos arquitectónicos que constituyen las partes funcionales o decorativas de la obra, donde el adecuado manejo del espacio, su proporción, su lectura, los atributos que a él se le dan, entre otras cosas, permite que la obra de arquitectura se singularice y se haga a la vez, memorable y sobre todo confortable y sustentable.

6.2.3.1 ORIENTACIÓN

Para los arquitectos uno de los factores más importantes en el esquema de diseño debe de ser sin duda, la orientación solar. Tener una buena orientación puede lograr que no se necesite aire acondicionado o por lo contrario de calefacción. Todo proyecto que considere las orientaciones correctamente hasta sus últimas consecuencias. Lo primero es saber el recorrido aparente del sol durante todo el año, como se vio en el punto 6.2.1.2 y obviamente considerar las actividades que se realizan a lo largo del día.

Deberíamos orientar nuestro proyecto (dependiendo la actividad a realizar) para poder aprovechar la mayor parte de la luz del sol posible (Figura 138).

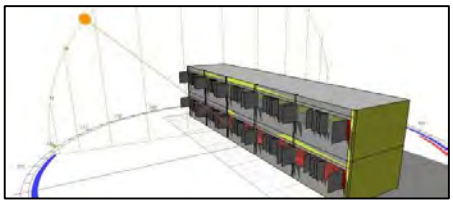


Figura 138. Estudio solar para determinar la orientación del conjunto y la ventana
Fuente: http://www.casasrestauradas.com/la-mejor-orientacion-solar-para-tu-vivienda/.

Tener una correcta orientación significa el lugar apropiado para cada local, en relación con el asoleamiento, vientos predominantes y vistas deseables.

En el diseño de este punto se debe de tener en cuenta otros factores los cuales se verán más adelante:

- Orientar la habitación para que el sol penetre cuando y donde se requiera.
- Disponer de suficientes aberturas y superficies variadas para que el sol penetre en el grado deseado.
- Emplear en el exterior de la casa algún dispositivo que impidan que el sol caliente la superficie del vidrio en las horas y épocas que el sol no es deseado.
- Organizar los interiores para aprovechar los beneficios del sol que penetra en ellos.

6.2.3.2 AUTONOMÍA Y RELACIÓN CON ESPACIOS COLINDANTES

De nada sirve tener un conocimiento amplio del lugar y de la disponibilidad de la luz solar si a la hora de diseñar no se considera que en cualquier orientación tenemos un árbol o edificio de determinadas características, todo este diseño debe de ser integral.

Es evidente que los edificios y otras estructuras urbanas obstruyen hasta cierto punto la luz solar directa (Figura 139). Decidir si esto supone una ventaja o no depende de otros parámetros del análisis climático y que se quiera lograr (Hernández Pezzi, 2012).

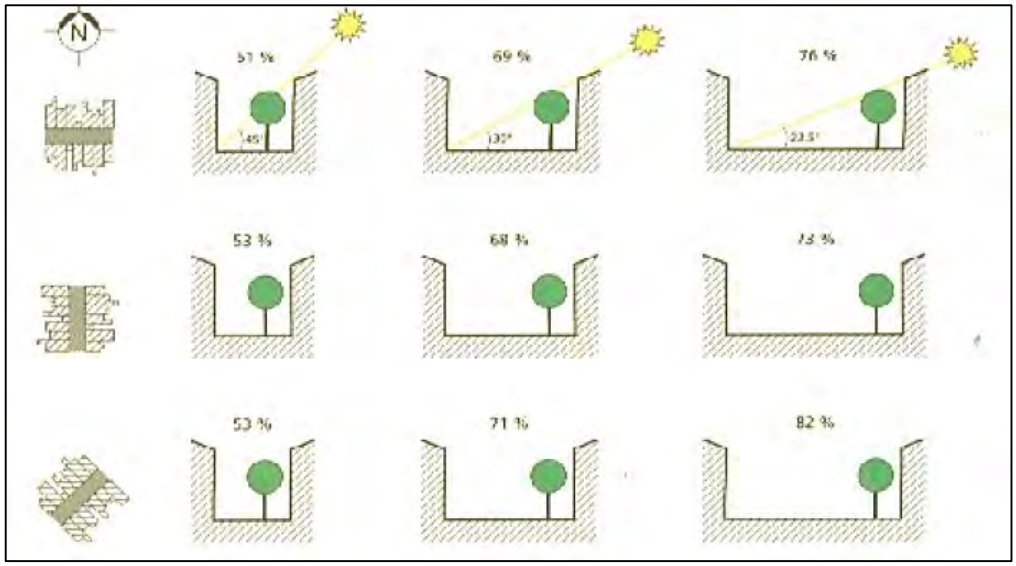


Figura 139. Asoleo en función de la distancia entre edificios para una latitud 44º N (CSCEA)

La luz natural se puede ver influida por sus espacios adyacentes ya sea por el propio emplazamiento donde por ejemplo el Angulo de incidencia es bajo (Figura 140) y por entorno artificial construido sea cual sea la época del año (Figura 141) (Hernández Pezzi, 2012).

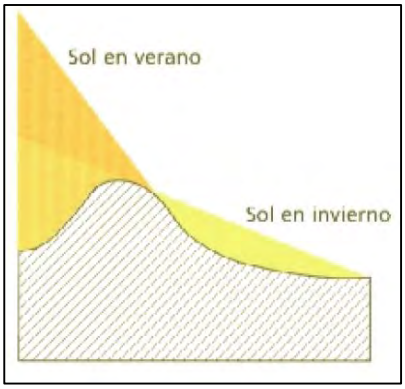


Figura 140. Efecto de la topografía sobre el soleamiento (CSCEA)

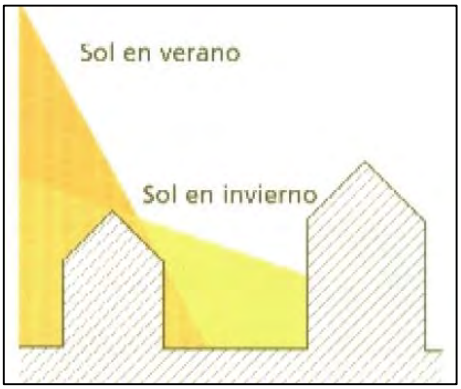


Figura 141. Efecto de las colindancias sobre el soleamiento (CSCEA)

6.2.3.3 TAMAÑO. PROPORCIONES, ALTURAS CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD

Cualquier espacio arquitectónico, independientemente de su uso, debe de tener la forma y la dimensión necesaria para el buen desenvolvimiento de las distintas actividades, la iluminación, la ventilación, las condiciones térmicas y acústicas adecuadas, y estar equipado con los muebles, artefactos e instalaciones correspondientes, inclusive las que se necesitan para la regularización de los factores críticos. Por lo tanto, las fachadas de los edificios tienen una capacidad limitada para distribuir la luz adecuadamente en locales profundos, existen varias reglas para la aplicación del verdadero potencial de la luz del día en zonas ya sea para iluminación cenital o para iluminación lateral, durante esta fase conceptual la zona iluminada por la luz del sol, debe considerarse que es **de 2 veces respecto del piso al límite superior de la ventana o de 2.5 veces considerando solo la altura de la ventana** (Figura 142) (Baker N., 2002).

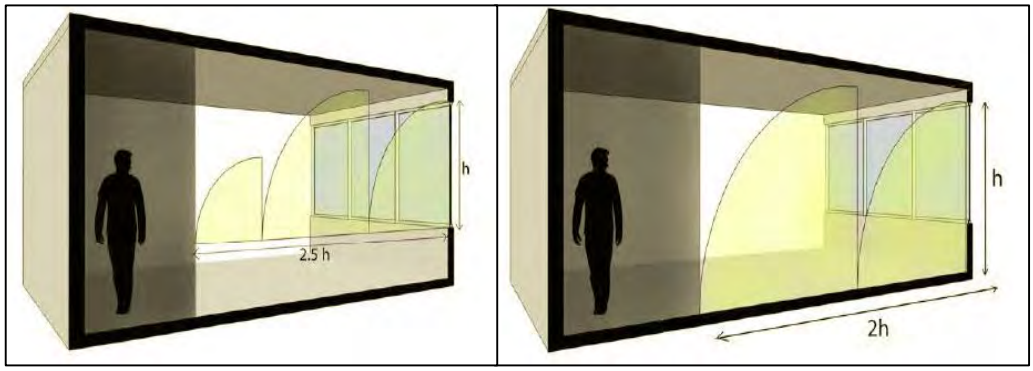


Figura 142. Iluminación en base a la función de la dimensión de la ventana reproducida de Baker 2002

La iluminación lateral en un edificio establece un límite a la profundidad del mismo para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día. En un edificio típico con una altura de la ventana de 2,5 m y una anchura de espacio de 3,75 m, la luz natural puede penetrar aproximadamente de 6 m hacia dentro desde la vertical de la ventana. Esto establece una limitación al diseño, produciendo plantas que son de 12 m de profundidad. Esta limitación puede contrarrestarse mediante el uso de ventanas altas relacionado con espacios altos, que permiten que la luz natural alcance mayor profundidad.

6.2.3.4 SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL

Como vimos en el capítulo 4 es importante definir los **sistemas de iluminación natural** ya que la cantidad, calidad y distribución de la luz interior depende del funcionamiento en conjunto de estos.

Si se planea utilizar iluminación lateral, bilateral, cenital, localizada, o mixto debe de ser decidida forzosamente en la fase conceptual de diseño. Para ello en la utilización de una iluminación lateral con ventanas su aplicación engloba tener sumo cuidado, esto es para distribuir la luz correctamente y así realizar una tarea visual sin provocar deslumbramientos y permitiendo una vista al exterior (Figura 143).

Figura 143. Iluminación lateral por ventanas

Fuente: http://www.okdecoracion.com/4408/consejos-para-aumentar-luz-tus-ambientes-parte-ii/

Cuando se trata de definir un sistema de iluminación es necesario primeramente asignar una función predominante, es decir, que quiero lograr y hacerlo para un eficiente desempeño que no involucre requisitos contradictorios. La iluminacion cenital solo se aplica a edificios en el ultimo nivel de manera natural, aunque ya existen en el mercado sistemas de ridereccionamiento y conduccion de luz natural a entrepisos, como los paneles parans por medio de fibra optica (Figura 144).

La luz que proporciona la iluminacion cenital son altamente eficientes pero tienen una gran desventaja, al ser la superficie mas expuesta al sol (el techo), aporta una enorme ganancia termica al interior por la alta inciencia de la luz del sol y es necesario contar con otras estrategias para evitarlas y por otro lado genera una vista, que en muchos casos no es necesaria para el usuario.

Puede estar diseñada para cielos despejados, parciales o totalmente cerrados y puede sustituir con ventajas a las ventanas laterales que pueden provocar deslumbramiento además de iluminar espacios con una amplia profundidad donde esta no llega. Sin embargo, la iluminación cenital puede también causar deslumbramiento si no está bien diseñada, pero a menudo es un problema de diseño más fácil de resolver que el de reducir el deslumbramiento procedente de ventanas laterales de manera directa (Figura 145) (Pattini, 2006).

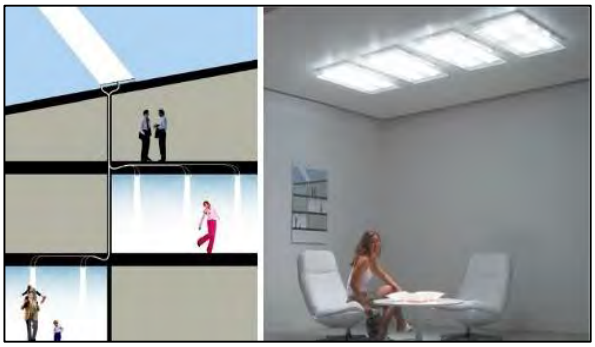


Figura 144. Paneles solares del Sistema Parans

Fuente: http://blog.is-arquitectura.es/2010/09/20/avances-sistema-parans-de-iluminacion-natural/

Figura 145. Iluminación cenital integrada a los efectos y al lugar a iluminar

Fuente: http://mrmannoticias.blogspot.mx/2011/05/faro-verde.html

Como refuerzo a la iluminación natural y/o por la función de los ambientes, y a fin de alcanzar los niveles de iluminación requeridos, se deberá utilizar la iluminación artificial; la misma que deberá proyectarse repartida uniformemente en el recinto, y de ser necesario complementada con la iluminación focalizada hacia las superficies de trabajo (mesas, tableros, etc.) que requieran mayor precisión y el nivel de iluminación requerido sea mayor al del ambiente en general. Los sistemas de iluminación artificial más utilizados son los siguientes (Superintendencia de Riesgos del Trabajo, s.f.):

**Iluminación general uniforme*

**Iluminación local y localizada de apoyo*

**Iluminación general localizada*

6.2.3.5 MATERIALES Y ACABADOS

La modificación de las características luminosas de una fuente luminosa en determinado espacio, con vista a una aplicación eficiente de la luz emitida puede realizarse aprovechando uno o varios de los siguientes fenómenos físicos como se vio en el capítulo 4 recordando sus **propiedades ópticas** (CEI-IDAE, 2005)**:**

1) REFLEXIÓN

Cuando una superficie devuelve la luz que incide sobre ella se dice que refleja la luz, por lo cual la reflexión depende de las siguientes circunstancias:

a) Condiciones moleculares de la superficie reflectante. Por ejemplo una superficie lisa refleja mejor la luz que una opaca.

b) Ángulo de incidencia de los rayos luminosos.

Es el ángulo **α** que forma el rayo luminoso incidente con la vertical en el punto de incidencia cuando este rayo choca con la superficie. El ángulo formado por el rayo reflejado con la vertical en el punto de incidencia, cuando ese rayo se aleja de la superficie, se denomina ángulo de reflexión **β** (Figura 146.a).

c) Color de los rayos incidentes, la luz blanca se refleja mejor que la luz coloreada.

Por lo cual la ley fundamental de la reflexión de la luz dice **"EL ANGULO DE INCIDENCIA ES IGUAL AL ANGULO DE REFLEXIÓN"** aplicada solo a superficies lisas y brillantes como los espejos.

Si la superficie es rugosa y brillante corresponde varios rayos reflejados que cumplen aproximadamente la ley fundamental de la reflexión, en este caso hablamos de "reflexión semidirigida" (Figura 146.b).

Si la superficie es rugosa y mate el rayo incidente se refleja por igual en todas las direcciones del espacio, por lo que no cumple con la ley fundamental, hablándose en este caso de "reflexión difusa" (Figura 146.c).

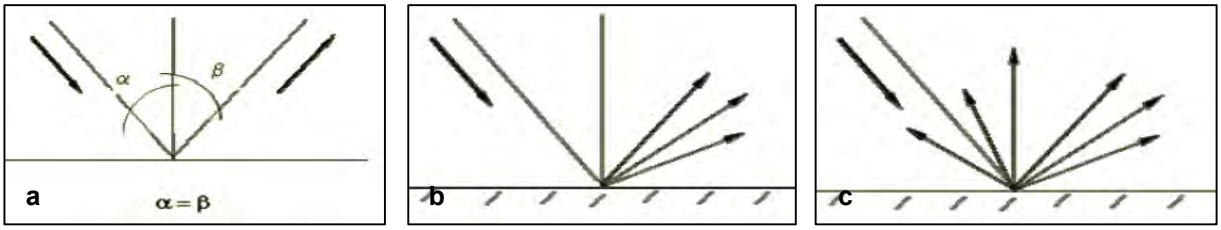


Figura 146. Tipos de Reflexión (Caminos, 2011)

2) REFRACCIÓN

El fenómeno de refracción se produce cuando la dirección de los rayos luminoso queda modificado al pasar de un medio a otro de diferente densidad.

La ley fundamental de la refracción dice que **"LA RAZÓN DE LOS ÍNDICES DE REFRACCIÓN DE AMBOS MEDIOS ES IGUAL A LA RAZÓN DE LOS SENOS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA Y DE REFRACCIÓN"** (Figura 147).

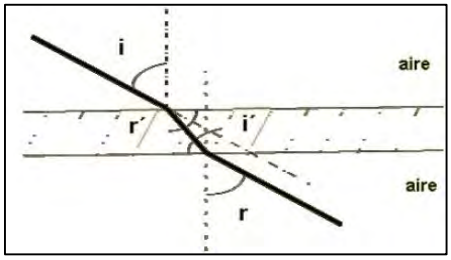


Figura 147. Ley de la refracción (Caminos, 2011)

3) ABSORCIÓN

Cuando se produce el fenómeno de reflexión no todo el flujo luminoso que incide sobre los cuerpos, se refleja; ya que una parte de este flujo luminoso es absorbido en mayor o menor proporción según los materiales componentes de cada cuerpo.

El color de los cuerpos juega un papel sumamente importante ya que si el cuerpo es de color blanco este refleja toda la luz blanca incidente, pero si la superficie es negra absorbe la totalidad de la luz blanca sin haber reflexión; si la superficie es gris parte de la luz se refleja y parte es absorbida.

4) TRANSMISIÓN

Cuando pasa un rayo luminoso a través de los cuerpos transparentes o traslúcidos, se dice que este rayo ha sido transmitido.

La transmisión de la luz puede ser dirigida, cuando el rayo luminoso sufre solamente la variación debida a la refracción normal. Este tipo de transmisión se puede conseguir con materiales transparentes. O puede ser difusa cuando el rayo luminoso incidente queda dispersado al chocar con el material, de manera que quede iluminada uniformemente toda la superficie del cuerpo de que se trate. La transmisión difusa se puede obtener utilizando cristales opalinos, mateado, etc. (cuerpos traslúcidos) (Figura 148).

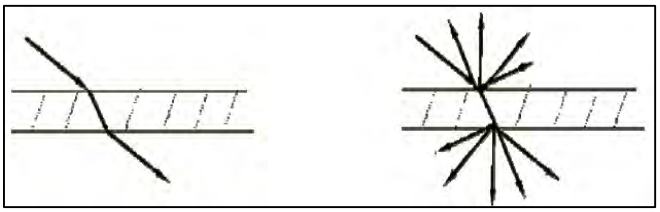


Figura 148. Transmisión dirigida y difusa (Caminos, 2011)

5) DIFUSIÓN

Como se dijo anteriormente debido a la rugosidad de la superficie que refleja el flujo, este se esparce en todas las direcciones del espacio, a lo que se le da el nombre de difusión.

FLUJO LUMINOSO TOTAL = FLUJO LUMINOSO REFLEJADO + FLUJO LUMINOSO ABSORBIDO + FLUJO LUMINOSO TRANSMITIDO (Figura 149).

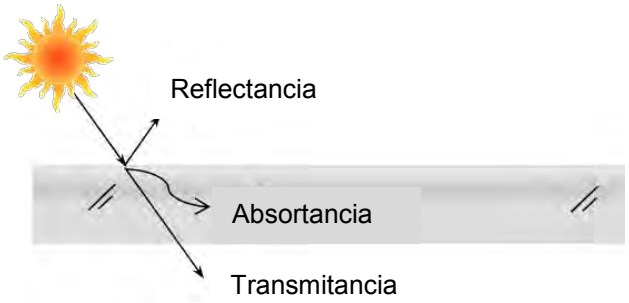


Figura 149. Componentes Reflectancia, Absortancia y Transmitancia

Este quiere decir que la suma de los tres factores (reflexión, absorción y transmisión) es igual a la unidad, en la tabla 43 se observan algunos factores de estos factores para distintas superficies.

Reflecta (R) + Absortancia (A) + Transmitancia (T) = 1

Material	Factor de Reflexión ρ	Factor de Absorción α	Factor de Transmisión τ	Observaciones
Superficie pintada castaña	0,1 – 0,5	0,9 – 0,5	0	Reflexión difusa
Superficie pintada roja	0,1 – 0,35	0,9 – 0,65	0	Reflexión difusa
Superficie pintada verde	0,1 – 0,6	0,9 – 0,4	0	Reflexión difusa
Superficie pintada azul	0,05 – 0,5	0,95 – 0,5	0	Reflexión difusa
Superficie pintada gris	0,2 – 0,6	0,8 – 0,4	0	Reflexión difusa
Superficie pintada negra	0,02 – 0,08	0,96 – 0,92	0	Reflexión semidirigida
Vidrios y cristales				
Vidrios opaco negro	0,05	0,95	0	Reflexión dirigida
Vidrios opaco blanco	0.75 - 0,8	0,25 - 0,2	0	Reflexión difusa
Vidrios transp. Claro (2 a 4 mm)	0,08	0,02	0,9	Transmisión muy dirigida
Vidrios deslustrados al ext. (1,5 a 2 mm)	0,07 - 0,2	0,06 - 0,17	0,87 – 0.63	Reflexión escasamente difusa
Vidrios deslustrados al int. (1,5 a 3 mm)	0,06 – 0,16	0,05 – 0,07	0,89 – 0,77	Reflexión escasamente difusa
Vidrio opalino blanco (1,5 a 3 mm)	0,3 – 0,55	0,04 – 0,08	0,66 – 0,36	Transmisión difusa
Vidrio opalino rojo (2 a 3 mm)	0,04 – 0,05	0,92 – 0,93	0,04 – 0,02	Transmisión difusa
Vidrio opalino anaranjado (2 a 3 mm)	0,05 – 0,08	0,85 – 0,86	0,1 – 0,06	Transmisión difusa
Vidrio opalino amarillo (2 a 3 mm)	0,25 – 0,3	0,55 – 0,58	0,2 – 0,12	Transmisión difusa
Vidrio opalino verde (2 a 3 mm)	0,08 – 0,1	0,83 – 0,87	0,09 – 0,03	Transmisión difusa
Vidrio opalino azul (2 a 3 mm)	0,08 – 0,1	0,82 – 0,87	0,1 – 0,03	Transmisión difusa
Otros materiales				
Papel blanco	0,6 – 0,8	0,3 – 0,1	0,1 -0,2	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Pergamino sin colorear	0,48	0,1	0,42	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Pergamino amarillo	0,4 – 0,2	0,2 – 0,63	0,4 – 0,17	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Seda blanca (tupida)	0,28 – 0,38	0,01	0,61 – 0,71	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Seda color (tupida)	0,2 – 0,1	0,44 – 0,85	0,54 – 0,13	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Plata pulida	0,9 – 0,95	0,1 – 0,05	0	Reflexión muy dirigida
Espejo plateado	0,7 – 0,85	0,3 – 0,15	0	Reflexión muy dirigida
Espejo azogado	0,8 - 88	0,2 – 0,12	0	Reflexión muy dirigida
Aluminio pulido	0,7 - 0,9	0,3 – 0,1	0	Reflexión muy dirigida
Aluminio mate	0,55 – 0,6	0,45 – 0,4	0	Reflexión simidirigida
Pintura de aluminio	0,6 – 0,7	0,4 – 0,3	0	Reflexión dirigida
Acero pulido	0,55 – 0,65	0,45 – 0,35	0	Reflexión muy dirigida
Niquel pulido	0,55	0,45	0	Reflexión muy dirigida
Cromo pulido	0,6	0,4	0	Reflexión muy dirigida
Hojalata nueva	0,7	0,3	0	Reflexión muy dirigida
Materiales de construcción				
Hormigón fresco y seco	0,4 – 0,5	0,6 – 0,5		Reflexión difusa
Enyesado fresco y seco	0,8	0,2		Reflexión difusa
Enyesado viejo y seco	0,6 – 0,7	0,4 – 0,3		Reflexión difusa
Piedra caliza	0,35 – 0,65	0,65 – 0,35		Reflexión difusa
Mármol pulimentado (7 – 10 mm)	0,05 – 0,3	0,87 – 0,67	0,08 – 0,3	Reflexión semidirig. - Transmisión difusa
Alabastro (11 – 15 mm)	0,2 -0,5	0,5 – 0,33	0,3 – 0,17	Reflexión semidirig. - Transmisión difusa
Pinturas y superficies pintadas				
Esmalte blanco	0,6 - 0,75	0,4 -0,35	0	Reflexión difusa y semidirigida
Sup. Pintada blanca	0,7 – 0,8	0,3 – 0,2	0	Reflexión difusa
Sup. Pintada amarilla	0,3 – 0,7	0,7 – 0,3	0	Reflexión difusa
Sup. Pintada beige	0,25 – 0,65	0,75 -0,35	0	Reflexión difusa

Tabla 43. Factores de reflexión, transmisión y absorción (Caminos, 2011)

Color de los ambientes interiores

El color de la luz está asociado con la percepción psicológica del flujo luminoso recibido desde diferentes superficies. Este flujo puede ser descrito por la distribución del flujo espectral sobre el espectro visible.

A continuación se describen algunos efectos psicológicos producidos por los colores, debiéndose tener en cuenta al momento de elegir el color de los ambientes para las diversas funciones que cumplen las edificaciones (Ganslandt, 2010):

- Las fuentes de luz proveniente de colores cálidos (por reflexión) ayudan a reproducir bien los colores cálidos. Los objetos de colores cálidos son más agradables a la vista con luz cálida que con luz fría.
- Los colores claros y apagados (como los pasteles) son muy apropiados como colores de fondo, en contraste los objetos deben tener colores con mayor grado de saturación.
- La sensación de color de un objeto depende del color de fondo y del efecto de la fuente de luz sobre su superficie.
- Los colores cálidos excitan el sistema nervioso y transmiten la sensación de que aumenta la temperatura (Figura 150).
- Los colores fríos contribuyen a crear una sensación de descenso de la temperatura (Figura 206).
- Los colores fríos son preferibles para objetos. Tienen un efecto calmante.
- Los ambientes físicamente fríos o calientes pueden atemperarse utilizando iluminación cálida o fría, respectivamente.
- El color puede influir en la apariencia espacial de una habitación, sensación de amplitud o estrechez. Para ambientes pequeños es preferible utilizar paredes y techo de color claro, para ambientes muy altos se recomienda paredes claras y un techo y piso de color oscuro (Figura 151).

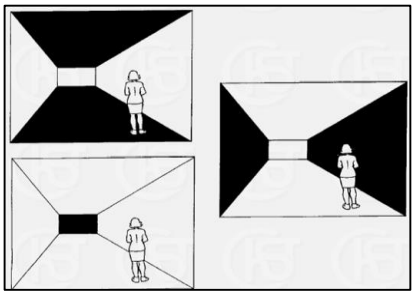


Figura 150. Influencia del color en los espacios (Laszlo)

Figura 151. Circulo cromático (Laszlo)

Combinación y elección de colores recomendados

Partiendo de lo anterior y dependiendo del uso y efectos que se quieran lograr en cualquier edificación se puede recomendar lo siguiente (Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), 1993):

- El techo debe tener un factor de reflexión al menos del 75 %, y si es posible entre el 80 al 90%. con colores blancos o casi blanco, es preferible que sea mate, ya que es el elemento que mayor condiciones de luminancia puede proporcionar al reflejar la luz de manera difusa.
- Los muros, con revestimientos en tonos pastel o mate, deben tener un coeficiente de reflexión entre el 50 al 70-80%. Hay que hacer una excepción con las paredes alrededor de zonas muy iluminadas, por ejemplo cerca de ventanas, en este caso hay que reducir el factor de reflexión al 40% para evitar los deslumbramientos.
- El suelo debe ser claro sin exceso con un factor de reflexión entre 20 al 25-30 %, es decir, con colores ligeramente más oscuros que los muros.
- El mobiliario y equipo de trabajo debe tener un factor de reflexión de al menos el 20% y si es posible entre el 25 al 45 %. Las superficies deben ser claras y mates sin brillos.

Por lo tanto en la Figura 152 se muestra la variación de luminancia recomendada en los alrededores de una tarea.

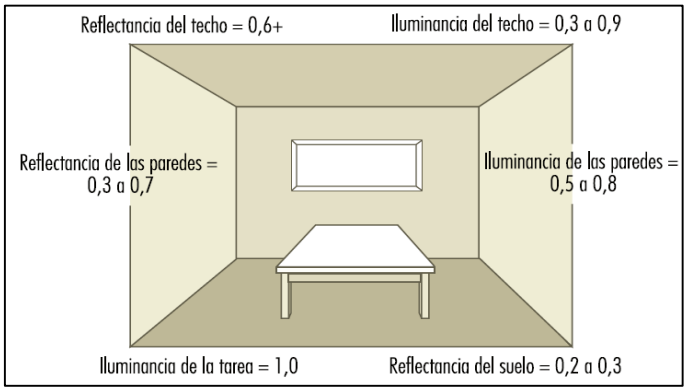


Figura 152. Valores típicos de iluminancia relativa junto con valores de reflectancia recomendados (Smith, 2000).

La tabla 44 muestra más factores de reflexión establecidos para los diversos tipos de acabados, según su textura o color, que podrían ser utilizados en el tratamiento de las superficies de los ambientes interiores, según los rangos de reflectancia recomendados tanto para techos, muros, pisos, mobiliario y/o equipo.

Color	Factor de Reflexión	Material	Factor de Reflexión
Blanco	.70 - .85	Mortero claro	.35 - .55
Gris claro	.40 - .50	Mortero oscuro	.20 - .30
Gris oscuro	.10 - .20	Hormigón claro	.30 - .50
Negro	.03 - .07	Hormigón oscuro	.15 - .25
Crema	.50 - .75	Arenisca clara	.30 - .40
Amarillo claro	.50 - .75	Arenisca oscura	.15 - .25
Marrón claro	.30 - .40	Ladrillo claro	.30 - .40
Marrón oscuro	.10 - .20	Ladrillo oscuro	.15 - .25
Rosado	.45 - .55	Mármol blanco	.60 - .70
Rojo claro	.30 - .50	Granito	.15 - .25
Rojo oscuro	.10 - .25	Madera clara	.30 - .50
Verde claro	.45 - .65	Madera oscura	.10 - .25
Verde oscuro	.10 - .20	Aluminio mate	.55 - .60
Azul claro	.40 - .55	Aluminio brillante	.80 - .85
Azul oscuro	.05 -.15	Acero pulido	.55 - .65

Tabla 44. Factores de reflexión (Smith, 2000).

Evidentemente con el paso del tiempo los colores sufren una pérdida del poder de reflexión. Tanto la luz natural como la artificial tienen un efecto negativo sobre los colores y acabados superficiales de paramentos y objetos, que se denomina decoloración (o “fading” en inglés). Este efecto se debe a que ambos tipos de luz contienen radiación ultravioleta, que a través de reacciones fotoquímicas puede decolorar rápidamente el pigmento de los objetos coloreados (Ganslandt, 2010).

En este punto se presentó información sobre los principios básicos de las características ópticas de los materiales empleados en interiores. Se sugiere contemplar de manera integral todas estas propiedades una clasificación de materiales para satisfacer los requisitos de sus técnicas de iluminación natural.

6.2.3.6 DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DEL MOBILIARIO Y EL PLANO DE TRABAJO

Un plano de trabajo (Figura 153) correcto implica desde luego, las posturas y los movimientos naturales que son indispensables para un trabajo eficaz, sin embargo, ya existe una reglamentación en cuanto al amueblado en base a la ergonomía y sus dimensiones mínimas de circulaciones.

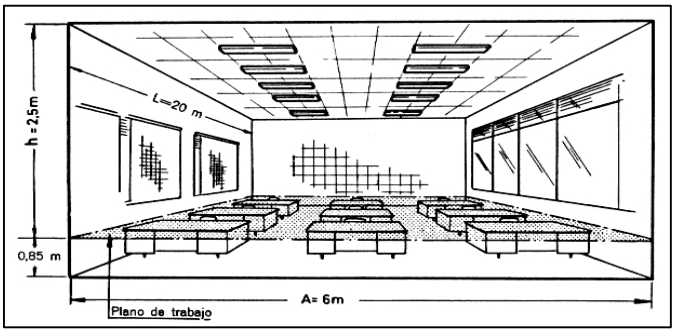


Figura 153. Plano de trabajo en aula tipo

Fuente: http://ingenieroovidio.blogspot.mx/2011/06/calculo-de-iluminacion-interior.html

La determinación de la altura del plano de trabajo es muy importante para la concepción de los puestos de trabajo, ya que si ésta es demasiado alta se pueden conseguir problemas de espalda, si por el contrario es demasiado baja provocaremos que la espalda se doble más de lo normal creando dolores en los músculos de la espalda. Es pues necesario que el plano de trabajo se sitúe a una altura adecuada a la talla del operario, ya sea en trabajos sentados o de pie y sobre todo que involucre cuestiones de confort lumínico, ya que será este el concepto fundamental para el cálculo y determinación del confort del usuario (Comité Español de Iluminación (CEI), Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005).

Para un trabajo sentado, la altura óptima del plano de trabajo estará en función del tipo de trabajo que vaya a realizarse, si requiere una cierta precisión, si se va a utilizar máquina de escribir, si hay exigencias de tipo visual o si se requiere un esfuerzo mantenido.

Las alturas del plano de trabajo recomendadas para trabajos sentados en oficinas se pueden observar en la Figura 154 para distintos tipos de trabajo.

Figura 154. Altura del plano de trabajo para puestos de trabajo sentados (Chavarria)

En cuanto a lo que nos compete, elegir un buen sistema de iluminación de los puestos de trabajo para conseguir un cierto confort visual y una buena percepción visual precisa del estudio de los siguientes puntos:

● Nivel de iluminación del punto de trabajo.

● Tipo de tarea a realizar.

● El contraste entre los objetos a manipular y el entorno (materiales).

● La edad del trabajador.

● Disposición de las luminarias.

La no consideración de estos factores puede provocar como vimos anteriormente en el usuario, fatiga visual, ya sea por una solicitación excesiva de los músculos ciliares, o bien por efecto de contrastes demasiado fuertes sobre la retina.

Como indicaciones de carácter general a tener en cuenta para una correcta iluminación del área de trabajo serán:

● Las luminarias (eléctricas de apoyo) deberán equiparse con difusores para impedir la visión directa de la lámpara.

● Las luminarias se colocarán de forma que el ángulo de visión sea superior a 30º respecto a la visión horizontal (Figura 155)

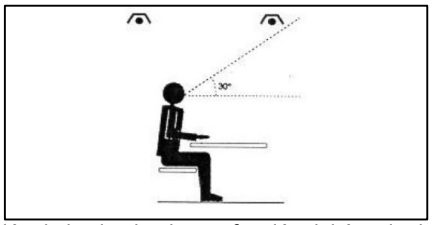


Figura 155. Situación de las luminarias en función del ángulo de visión (Chavarria)

La situación de las luminarias debe realizarse de forma que la reflexión sobre la superficie de trabajo no coincida con el ángulo de visión del operario (Figura 156).

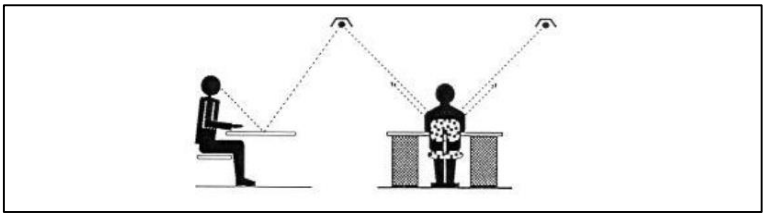


Figura 156. Situación de las luminarias en relación con el ángulo de reflexión de la superficie de trabajo (Chavarria)

A la izquierda se observa la disposición de luminarias deficiente, la luz reflejada coincide con la línea de visión. A la derecha, disposición correcta de luminarias, la luz reflejada no coincide con la línea de visión.

Por lo tanto además de los factores anteriormente mencionados es indispensable diseñar la distribución del mobiliario interior en conjunto con la iluminación como se ve en la Figura 157 y 158.

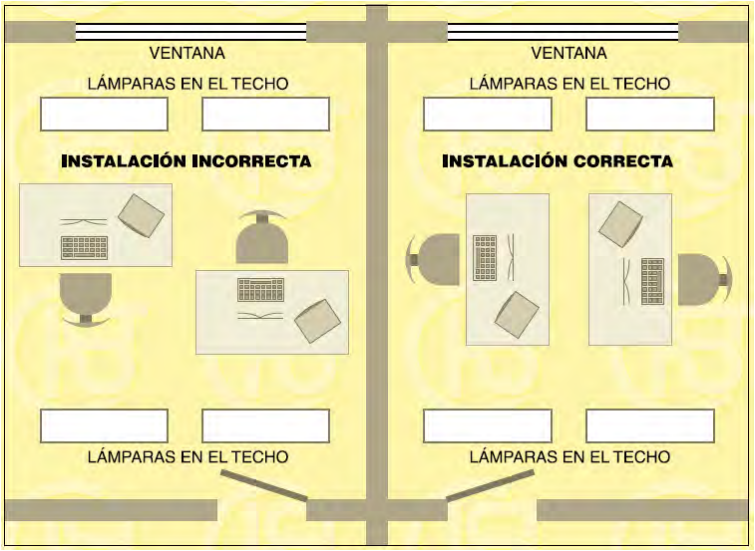


Figura 157. Distribución del mobiliario en base a las condiciones del espacio (Chavarria)

Figura 158. Disposición de un plano de trabajo en relación a la ventana (Colt)

6.2.3.7 FACTOR DE LUZ DE DIA (FLD)

La iluminación de un interior es cuantificada por la iluminancia en el Plano de Trabajo. El Plano de Trabajo de referencia, como vimos en el punto anterior, es un plano ficticio, horizontal, vertical o con una determinada inclinación (dependiendo del uso que se le dará al local: oficina, aula, museo, etc.) formado por una rejilla o red de puntos equidistantes y de una altura correspondiente con la función (ej. 0,80 m para oficinas) (Pattini, 2006).

Los procedimientos para calcular la iluminación interior en cada uno de los puntos de la rejilla del Plano de trabajo, proveniente de fuentes naturales han sido propuestos por diferentes países desde hace más de 90 años (Fontoynont, 1998).

El Factor de Luz Natural o Factor de Luz de Día es un método que ha sido desarrollado para condiciones de cielo nublado, pues la iluminancia relativa es una constante, lo que no ocurre bajo condiciones de cielo claro. **El Factor de Luz Natural (FLN)** permite medir la luminancia en un punto de referencia en base a la iluminación exterior que se tiene en ese momento, por lo tanto: es la relación entre la iluminancia en un punto interior (Ei) y la iluminancia horizontal en una superficie exterior no obstruida (Ee) medidas en forma simultánea, de manera que:

$$\boxed{FLN = (Ei/Ee) \times 100}$$

Ecuación 14. Ecuación general del factor de luz natural (Pattini, 2006)

Obteniéndose:

$$\boxed{Ei = (FLN/100) \times Ee}$$

Como la iluminación externa está en constante cambio, la iluminancia interior la acompaña, de manera que la iluminancia cambia su valor en el tiempo t:

$$\boxed{Ei(t) = (FLN/100) \times Ee(t)}$$

En esta ecuación el término Ee (t) representa el aporte del cielo como luminaria y el término FLN/100 depende del diseño de arquitectura.

El Factor de Luz Natural es una expresión de la eficacia de utilizar la luz del cielo para proveer iluminancia horizontal en un interior, es decir que este factor indica en qué medida el edificio y su interior -muros y cielorraso-, así como las obstrucciones externas, restringen la potencial disponibilidad de iluminancia. El FLN podría ser del 100% en ausencia de un edificio o de una obstrucción.

En una forma simplificada se puede decir que el FLN considera los tres componentes siguientes:

1. La componente de cielo (Cc): es la proporción de luz que aporta de la porción de cielo que ¨ve¨ el punto interior donde se calcula la iluminancia.

2. La componente reflejada del exterior (Cre): es la proporción de luz reflejada que llega al punto interior donde se calcula la iluminancia desde todas las superficies del exterior.

3. La componente reflejada del interior (Cri): es la proporción de luz reflejada que llega al punto interior donde se calcula la iluminancia desde todas las superficies interiores.

$$FLN = Cc + Cre + Cri$$

El Factor de Luz Natural cuantifica todos los efectos del exterior y del interior en la iluminancia de un punto interior considerado, siendo una función de:

- La posición de un punto considerado
- Las dimensiones interiores
- Las reflectancias de las superficies interiores
- La localización, tamaño y estructura de la abertura
- La localización, tamaño y reflectancias de las obstrucciones externas
- Las reflectancias del suelo (albedo)

Si se analiza ahora el FLN en distintos puntos del ambiente interior (Plano de Trabajo), y para un dado valor de Ee en el tiempo, el mismo cambia de un punto a otro de la misma forma que lo hace la iluminancia del interior, es decir, tiene igual distribución. Esto significa, que una curva de distribución de iluminancia Ei (lux) tendrá una forma similar a la curva de FLN (%).

En general se especifican los siguientes valores críticos del Factor de Luz Natural:

- Valor de FLN promedio
- Valor de FLN mínimo
- Valor de uniformidad FLNmin/ FLNprom

Que, de acuerdo a lo dicho en el párrafo precedente, están en relación directa con los valores respectivos de iluminancia en el interior (Pattini, 2006).

6.2.4 SISTEMA DE VENTANERÍA

La iluminación natural es algo mucho más complejo que abrir huecos en los muros y colocar ventanas, implica un verdadero reto de diseño como se ha visto a lo largo de esta investigación pues, por ejemplo,

una gran abertura mal orientada es un problema de luz directa en áreas de trabajo, ya que tener el sol sobre el rostro es tan problemático como el reflejo o deslumbramiento en la pantalla de la computadora.

Un sistema de ventanería es un conjunto de aperturas en una envolvente opaca, es decir, un grupo de elementos constructivos con el objetivo de proveer luz natural necesaria, calidad y ventilar un espacio.

Este sistema en los edificios cumple con multitud de funciones a desarrollar, entre las que se pueden incluir: la entrada de luz natural; la visión y relación con el mundo exterior; la actuación como elemento de ventilación para la renovación del aire; aislamiento térmico y acústico; barrera contra el ruido y protector de deslumbramiento.

6.2.4.1 DISEÑO DE LA FACHADA CON EL SISTEMA

La **envolvente arquitectónica** es la capa externa de un edificio que vincula los espacios interiores con el exterior. Funcionando como un regulador de las condiciones exteriores, para crear confort tanto térmico, lumínico, acústico, etc. (GIZ, 2013), por lo tanto en la arquitectura sustentable, la relación entre el rendimiento del edificio y su envolvente es fundamental, de ahí al diseño integral que se tenga de la **fachada** y aquellos paramentos exteriores de la construcción (Figura 159).

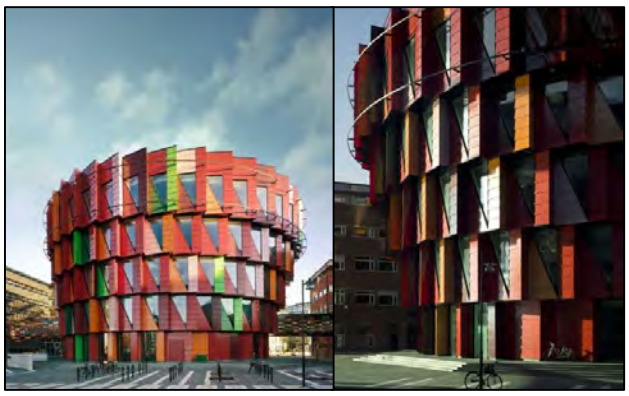


Figura 159. Edificio Kuggen en Gotemburgo, Suecia
Fuente: http://www.glits.mx/blog/eco-chic/the-kuggen-building

Una ventana es una apertura en una envolvente opaca, es decir, un elemento constructivo abierto en un muro con el objetivo de proveer luz natural y ventilar un espacio interior cerrado siendo el principal elemento arquitectónico transmisor de la luz, tendiendo tres funciones básicas: iluminar, ventilar y obtener ganancias térmicas.

De hecho, las condiciones de luz natural y el confort térmico están, a menudo en conflicto entre sí, recordemos que en cuanto mayor es el área de ventanas mayor es la cantidad de luz natural, pero

también mayores es la pérdida y ganancias de calor, a menos que se introduzcan otros elementos para contrarrestar estos efectos.

En cuanto a las ventanas utilizadas para el mejor aprovechamiento de la luz diurna en la iluminación de los espacios, los objetivos de su diseño son los siguientes:

- Controlar la penetración de luz solar directa sobre el plano de trabajo
- Controlar el contraste de claridad dentro del campo visual de los usuarios, entre las ventanas y las superficies circundantes del espacio
- Maximizar la transmisión de luz por unidad de área vidriada ya sea en marcos y hojas de ventanas esbeltas.
- Minimizar el efecto de reducción de ingreso de radiación. Esto significa que las ventanas ubicadas en la parte alta de los muros producen más iluminancia que una ventana más baja de la misma área.
- Minimizar el deslumbramiento sobre los planos de trabajo, resultante de la visión directa de la fuente de luz en las ventanas superiores
- Minimizar las ganancias de calor diurno durante el periodo de verano
- Maximizar las ganancias térmicas diurnas en invierno para permitir la calefacción natural de los espacios
- Proveer sombra sobre las áreas vidriadas para evitar sobrecalentamientos estacionales o deslumbramientos directos según la fachada donde se ubique la abertura.

Si hay más de una ventana en la misma sala o habitación, la suma de superficies de todas las ventanas debe ser considerada desde un punto de vista luminoso en relación al área de la sala. Es decir, si hay una ventana grande o varias ventanas pequeñas con el mismo área total, la cantidad de luz admitida en la sala será la misma, ya que la relación entre la ventana y la iluminación media con luz natural en una sala es aproximadamente lineal; pero hay que tener en cuenta que se ven afectadas la distribución de luz, la visión y la ventilación (CEI-IDAE, 2005).

Dependiendo de la relación entre la superficie de la ventana y las superficies interiores del local (muros, techos y suelos) puede hacerse la siguiente clasificación:

- Muy bajo: menor del 1%
- Bajo: 1-4%
- Medio: 4-10%
- Elevado: 10-25%
- Muy alto: mayor de 25%

Como regla general, una ventana con un índice elevado o muy alto puede provocar problemas de control térmico y deslumbramiento. Uno bajo o muy bajo puede producir niveles de iluminación excesivamente bajos, especialmente donde predominan los cielos cubiertos, la contaminación atmosférica o donde los edificios adyacentes reducen la disponibilidad de luz natural, por lo tanto es necesario contemplar todos los aspectos que influyan en la selección de un sistema de ventanería como:

1) Forma y tamaño

Las formas de las ventanas pueden variar enormemente. Una primera aproximación es definir la relación entre altura y ancho. De este modo las ventanas (Figura 160) pueden ser clasificadas como (CEI-IDAE, 2005):

- Ventana horizontal: coeficiente de forma 1/2
- Ventana vertical: coeficiente de forma 2
- Ventana intermedia: coeficiente desde 1/2 a 2

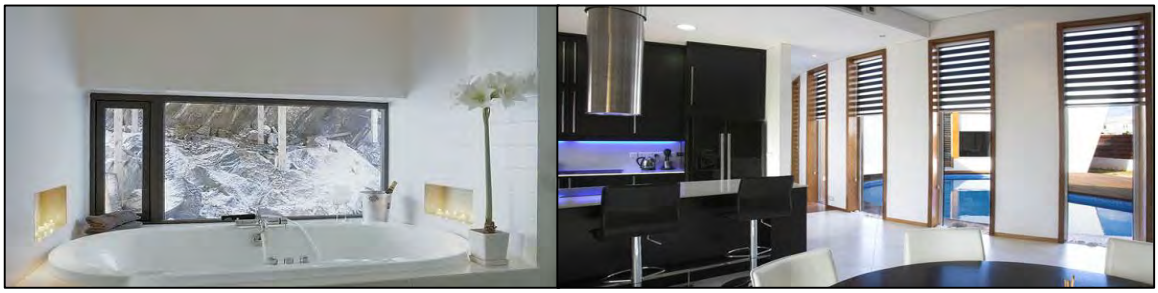


Figura 160. Ventanas horizontales y verticales
Fuente: http://decoarq.com/villa-redonda-con-piscina-semicircular/

La forma de la ventana influye principalmente sobre la distribución de la luz en el espacio iluminado, la calidad de visión y el potencial para la ventilación natural.

*Con ventanas horizontales la iluminación del interior es una banda paralela a la pared de la ventana, que produce poca diferencia en la distribución de la luz a lo largo del día, con poco deslumbramiento. La dimensión horizontal relativamente grande permite una vista panorámica.

*Con ventanas verticales la iluminación del interior es una banda perpendicular a la pared de la ventana, produciendo así una distribución luminosa muy variable a lo largo del día. Esta forma de ventana ofrece mejor iluminación en las zonas más alejadas de ella; sin embargo hay un mayor deslumbramiento. Las vistas exteriores son limitadas horizontalmente pero pueden contener una mayor profundidad de campo, combinando el fondo y las vistas a media y gran distancia.

La forma de las ventanas influye en la repartición luminosa. En el caso de una ventana continua la distribución de la luz será de manera homogénea en el espacio. En el caso de disminuir el tamaño de la ventana y tener más de dos ventanas la iluminación se vuelve menos uniforme creándose zonas de contraste entre ellas (Figura 161).

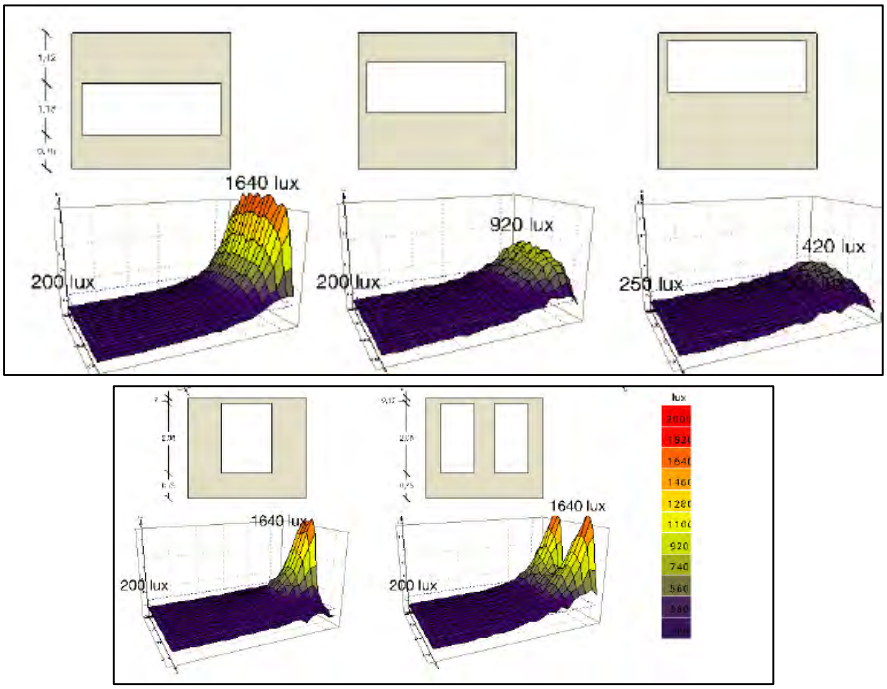


Figura 161. Distribución luminosa de diferentes formas de ventanas (Innovachile Corfo)

2) Posición

La posición de una ventana puede ser descrita mediante la situación horizontal y vertical en la pared en la que está colocada. Cuanta más alta está una ventana mayor es la profundidad de penetración de luz natural, lo que produce una mejor distribución en la sala iluminada. La altura de la parte inferior de la ventana determina la vista exterior. Una ventana en posición central produce una mejor distribución de luz en el interior, mientras que una ventana en esquina provoca menos deslumbramiento (Figura 162).

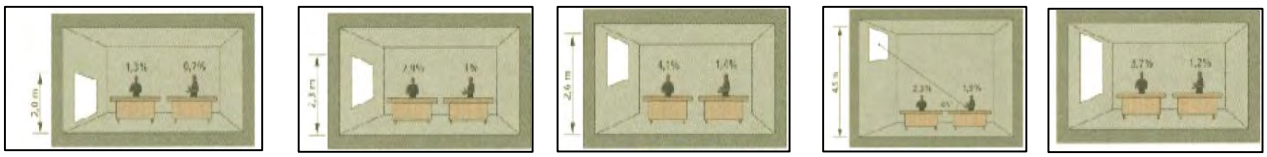


Figura 162. Posición y tamaño de las ventanas (CSCAE)

Por lo tanto la forma, tamaño y posición dependerá de la profundidad del espacio y orientación del edificio

3) Orientación

Con respecto a la orientación de una ventana, se hace referencia a la orientación geográfica, ya que el trayecto del sol puede tener una gran influencia sobre la iluminación natural. Desde el punto de vista de iluminación, las ventanas orientadas al este y al oeste se consideran equivalentes y los efectos producidos son los mismos, aunque tienen lugar en diferentes momentos del día.

- Las ventanas orientadas al sur proporcionan niveles luminosos elevados, elevada ganancia de energía en invierno por la inclinación del sol.
- Las ventanas orientadas al este y al oeste proporcionan niveles de iluminación medios y variables a lo largo del día, con elevadas ganancias de energía en verano en mañanas y tardes y bajas en invierno.
- Las ventanas orientadas al norte proporcionan niveles luminosos constantes a lo largo del día y escasa ganancia térmica.

6.2.4.2 PROPIEDADES DEL MATERIAL TRASLÚCIDO

En un edificio, los elementos de acristalados suelen ser la parte de la envolvente mas compleja e interesante, ya que un buen diseño del sistema de iluminacion significa encontrar un equilibro entre demandas, como las funciones pasivas de calefaccion y refrigeracion; permitir la ganancia solar pero no admitir excesivo calor; facilitar la ventilacion controlada del edificio sin que entre demasiado ruido; proporsionar contacto visual con el entorno, pero sobre todo garanticar la seguridad (Hernández Pezzi, 2012).

En el caso de México, una de las empresas principales es **Vitro**, en el que ofrecen materiales de acristalamiento, usualmente vidrio pero a veces plásticos especialmente desarrollados, están disponibles en un amplio margen de espesores, en forma transparente o tintada, en configuraciones simples o múltiples, autolimpiables, de control y reflexión solar y ahorro energético, aislamiento acústico, vidrio de seguridad, con control de luminosidad, resistencia térmica y mecánica, seguridad ante el fuego, etc. La radiación solar incide sobre un vidrio, una parte es reflejada hacia el exterior, otra es transmitida hacia el interior y la restante es absorbida por la masa del vidrio, teniendo como sub-secuencia la re-irradiada al interior y exterior. (Vásquez, 2006) (Figura 163).

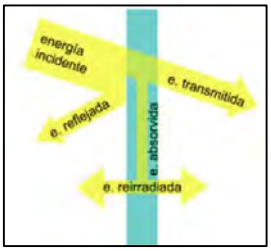


Figura 163. Energía incidente en un cristal (Innovachile Corfo)

A la hora de diseñar un edificio se ha de tener muy en cuenta el tipo de acristalamiento elegido, prestando atención a su comportamiento ante la luminosidad y al comportamiento de sus flujos de calor (Figura 164).

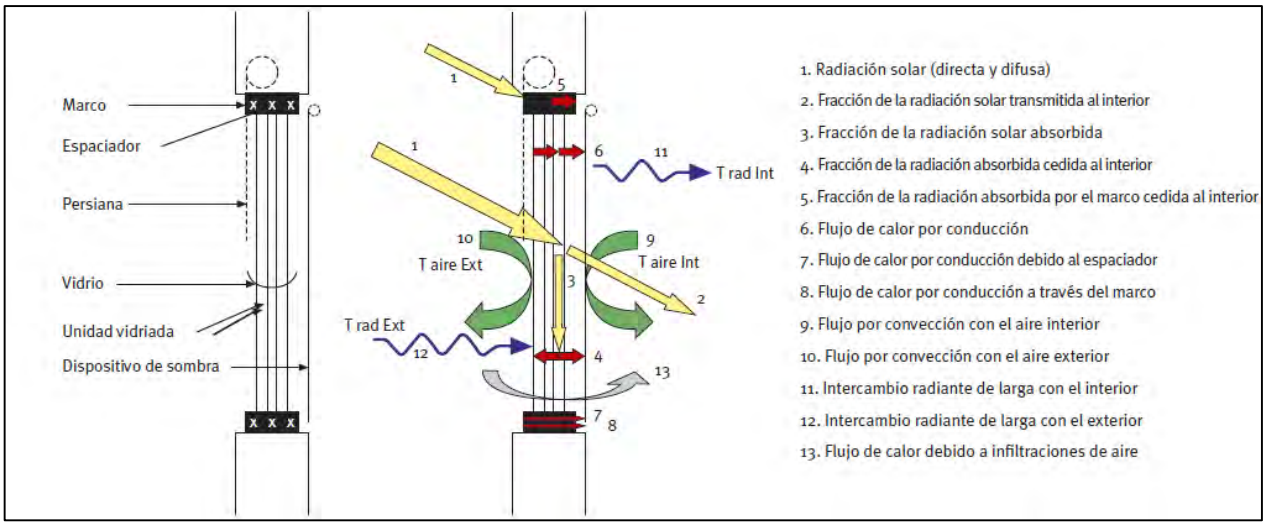


Figura 164. Flujos de calor en una ventana común (IDAE,2005)

Existe una gran cantidad de magnitudes que describen las características de los materiales de acristalamiento en el campo de la luz y de la radiación (CEI-IDAE, 2005).

- Transmitancia espectral.
- Reflectancia espectral.
- Transmitancia luminosa para un iluminante estándar.
- Reflectancia luminosa para un iluminante estándar.
- Transmitancia radiante para radiación global.
- Reflectancia radiante para radiación global.
- Transmitancia a los UV para radiación global.
- Transmitancia de energía total.
- Color de la luz natural transmitida/reflejada.
- Índice de rendimiento cromático de la luz natural transmitida.

Sin embargo, en lo que al aprovechamiento de la luz natural que nos compete, son dos las características de los vidrios que hay que tener muy en cuenta:

- **Transmisión luminosa (TL):** coeficiente que expresa el porcentaje de luz natural, en su espectro visible, que deja pasar un vidrio, a mayor coeficiente mayor cantidad de luz pasa a través del cristal.

- **Factor solar (FS):** energía térmica total que pasa a través del acristalamiento a consecuencia de la radiación solar, por unidad de radiación incidente, mientras su valor sea menor tendremos menos ganancias solares en el espacio.

La importancia de estas dos magnitudes radica en que muy a menudo se requiere que un acristalamiento permita la máxima transmisión de luz con una baja transmisión de calor radiante solar; es decir, que el vidrio tenga una alta transmisión solar con el mínimo factor solar posible. En la Tabla 45 y Figura 165 se observan algunos valores de referencia de los diferentes tipos de cristales.

Grupo	Tipo	Espesor Vidrio (mm)	Espesor Cámara Aire (mm)	Coeficiente Transmisión luminosa	Factor solar	Transmitancia (W/m².K)
Simple	Claro	3		0.90	0.89	5.85
		4		0.89	0.85	5.8
		6		0.89	0.85	5.7
Doble	Claro-Claro	4	6	0.79	0.77	3.3
		4	12	0.79	0.77	2.9
		4	18	0.79	0.77	2.7
		6	6	0.88	0.72	3.4
		6	8	0.88	0.72	3.2
		6	12	0.88	0.72	3.0
Doble reflectante	Claro	6	12	0.55	0.30	1.8
	Plata	6	12	0.30	0.32	1.8
	Verde	6	12	0.23	0.21	1.8
	Verde oscuro	6	12	0.20	0.18	1.8
	Bronce	6	12	0.18	0.23	1.8
	Azul	6	12	0.16	0.20	1.8
	Gris	6	12	0.14	0.21	1.8
Doble Bajo emisivo	Claro	4	6	0.77	0.65	2.5
		4	12	0.77	0.65	1.8
		4	18	0.77	0.65	1.5
		6	6	0.67	0.52	2.4
		6	8	0.67	0.52	2.3
		6	12	0.67	0.52	1.8
	Reflectante	4	6	0.75	0.54	2.5
		4	12	0.75	0.54	1.6
		4	18	0.75	0.54	2.4
Triple	Claro	6	6			2.4
		6	8			2.3
		6	12			2.2

Tabla 45. Valores de referencia para algunos cristales (IDEA, 2005).

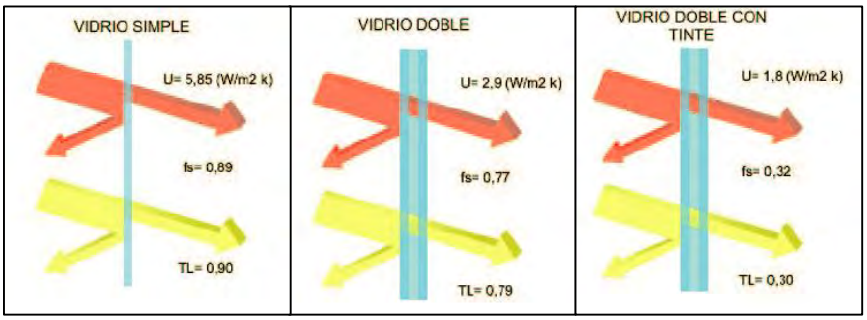


Figura 165. Diagramas energéticos generales de varios tipos de vidrios (Innovachile Corfo).

A modo informativo, en la tabla anterior se muestran los valores más típicos de estas dos magnitudes para diferentes tipos de vidrio. En algunos casos para vidrios tintados, solo se recogen los valores extremos (claro o gris) entre los que se distribuirían la totalidad de gamas de colores existentes, en el caso de Vitro en la tabla 46 se muestran algunos valores informativos de sus productos:

Producto	Espesor	Transmisión solar		Reflexión solar		Propiedades térmicas	Ahorro de energía	Seguridad
		% Luz	% Calor	% Luz	% Calor			
Cristal claro	2-19 mm	87.8	77.2	8.4	7.3			*
Filtraplus®	6.00	8.3	7.5	4.4	4.3	●	●	*
Cristazul®	6.00	55.1	43.7	6.0	5.2	●	●	*
Filtrasol®	3.00 / 6.00 / 9.50	45.2	44.0	5.2	5.1	●	●	*
Vitrosol®	3.00 / 6.00 / 9.50	52.5	50.5	5.8	5.5	●	●	*
Tintex®	3.00 / 6.00 / 9.50	75.5	44.7	7.1	5.3	●	●	*
Tintex Plus®	6.00	65.6	32.7	6.6	5.0	●	●	*

Tabla 46. Propiedades de algunos productos Vitro

De esto se desprende que los vidrios transparentes proporcionan una elevada transmisión de luz natural pero también permite que una elevada proporción de calor radiante solar pase al interior del espacio.

Tipos de vidrios para acristalamientos

Es conveniente dividir los vidrios en seis tipos comunes, no exclusivos pero que pueden ser usados en varias combinaciones para conseguir las características de prestaciones finales deseadas:

- Transparentes
- Tintados en masa
- Revestidos superficialmente
- Texturizados y con diseño
- Armado con alambre
- Estratificados o laminados
- Acristalamientos primaticos

Los vidrios transparentes, al ser los más comunes en sociedades de media (Figura 166), muestra el comportamiento del vidrio a la radiación de diferentes longitudes de onda. El cual proporciona una elevada transmisión de la luz natural pero también permite que una elevada proporción de calor radiante solar pase a su a través del edificio.

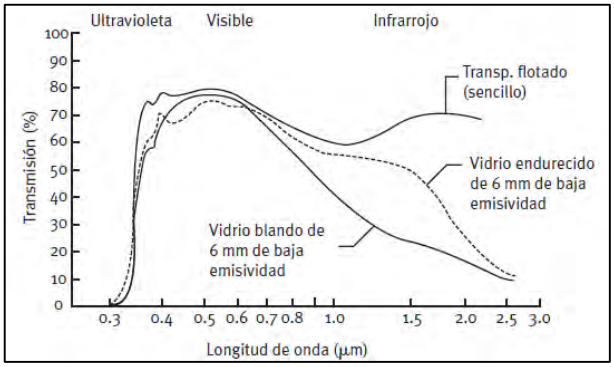


Figura 166. Comportamiento del vidrio transparente a la radiación (Innovachile Corfo)

En vitro, preocupados por esta problemática, desarrollaron el sistema SOLARLUX®, el cual es un vidrio con la propiedad de filtrar la luz solar reduciendo la cantidad de radiación que lo atraviesa.

Está formado por una luna incolora o de color a la que se le ha aplicado una fina capa de óxidos metálicos confiriéndole una apariencia más o menos reflejante, desempeñando una función muy importante en el aislamiento térmico de un edificio, ya que atenúa el flujo de energía y luz solares que inciden sobre éste (Figura 167 y tabla 47).

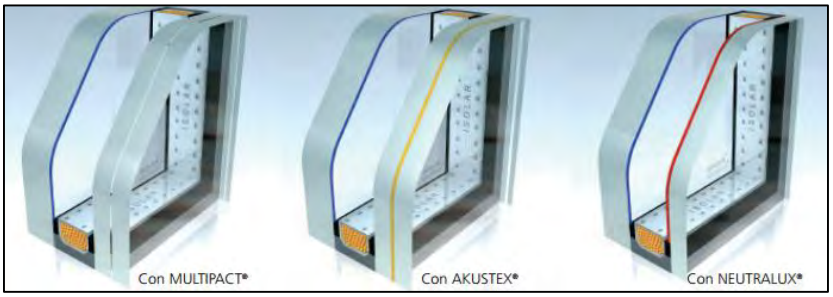


Figura 167. Tipos de vidrio SOLARLUX de grupo Vitro

		composición (mm)	τ_v T.L.(%)	ρ_v R.L.(%)	τ_e T.E.(%)	ρ_e R.E.(%)	α_e A.E.(%)	g F.S.(%)	U (W/m²K)
SOLARLUX®	Silver	6/12/4	30	52	32	35	33	39	2.8
	Green	6/12/4	24	43	16	22	62	25	2.8
	Green Plus	6/12/4	22	22	12	12	76	22	2.8
	Grey Plus	6/12/4	16	17	18	14	68	28	2.8
	Bronze Ochre	6/12/4	19	13	21	12	67	32	2.8
	Blue Sapphire	6/12/4	18	24	18	17	65	28	2.8
	Natucolor Green	6/12/4	52	12	28	8	64	35	2.1
	Natucolor Blue	6/12/4	52	12	30	9	61	37	2.1
	Neutro 62	6/12/4	59	14	42	13	45	50	2.1
	Natural 60/40	6/12/4	59	24	36	32	32	42	1.6
	Supernatural 70/40	6/12/4	72	12	40	30	30	44	1.6
	Supernatural 68	6/12/4	64	15	34	32	66	38	1.6
	Supernatural 52/25	6/12/4	54	32	25	48	27	28	1.6
	Supernatural Blue 54/25	6/12/4	52	16	24	37	39	28	1.6

Tabla 47. Información técnica de SOLARLUX en base a sus colores disponibles del grupo Vitro

En el diseño de una ventana es igualmente importante tomar en cuenta el tipo de marco que dará forma a la estructura de la ventana. Por lo general los marcos reducen el área de superficie vidriada y pueden alterar la visión al exterior, y como consecuencia pueden disminuir la cantidad de luz recibida en el interior del recinto, además que también se pierde calor a través y alrededor de las ventanas debido a la infiltración. Las ganancias y pérdidas por infiltración equivalen al 39% de las ganancias y pérdidas a través del propio vidrio. Los marcos bien ajustados reducirían las pérdidas y ganancias de calor.

Dado que el porcentaje general del alzado que ocupa la carpintería puede llegar a ser de un 10-20%, el valor del marco en términos de aislamiento térmico es importante (Tabla 48). En el caso de considerar un marco fijo, dicha estructura es delgada lo que permite un mejor aprovechamiento de la luz. Sin embargo, si se requieren ventanas que se abran para satisfacer las necesidades de ventilación, se deberán cuidar la modulación y el material que se elija (Figura 168) (Hernández Pezzi, 2012).

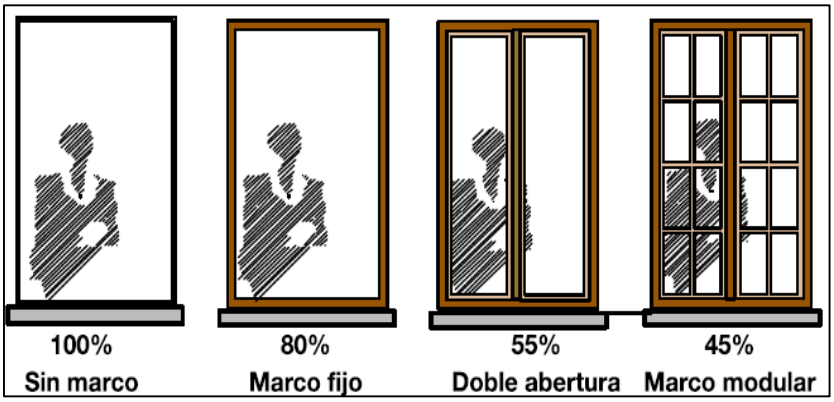


Figura 168. Variaciones del porcentaje de área vidrio con diferentes marcos (Innovachile Corfo)

Material del marco	Coeficiente K W/m²K
Madera: grosor medio > 80 mm	1,6
Madera: grosor medio 50-80 mm	2
Madera: grosor medio < 80 mm	2,8
Plástico: sin refuerzo metálico	2,8
Plástico: con refuerzo metálico	3,6
Aluminio: con barrera térmica: trayectoria térmica > 10 mm	3,6
Aluminio: con barrera térmica: trayectoria térmica < 10 mm	5
Aluminio o acero: con o sin barrera térmica	7

Tabla 48. Propiedades térmicas de algunos materiales del marco de la ventana (CSCAE)

6.2.5 SISTEMAS AUXILIARES DE APORTACIÓN DE ILUMINACION DIURNA

Para algunos expertos, los dispositivos de control solar son elementos que se adicionan a las ventanas con el fin de resolver el problema de asoleamiento, sin embargo, los dispositivos deben diseñarse como parte integral de la edificación siempre, es por eso que se agrega en ésta metodología este concepto. Como se vio en la disponibilidad de luz de día, los rayos solares contienen dos componentes básicos de diseño que nos compete: la lumínica y la térmica, de tal manera que estos sistemas auxiliares deben considerar ambos factores. Por lo tanto es necesario encontrar un equilibrio entre luz y calor ya que a mayor exposición a la luz solar mayores son las ganancias térmicas en una edificación (CEI-IDAE, 2005). Sin abundar mucho en sus descripciones a continuación se mencionan algunos de estos sistemas o técnicas convencionales y naturales que pueden ser considerados desde el proceso de diseño (Figura 169): **Galería** (Figura 169.a), **Porche** (Figura 169.b), **Patios interiores** (Figura 169.c), **Atrio** (Figura 169.d), **Conducto de luz** (Figura 169.e), **Conducto solar** (Figura 169.f), **Pared translúcida** (Figura 169.g), **Claraboya** (Figura 169.h), **Membranas** (Figura 169.i).

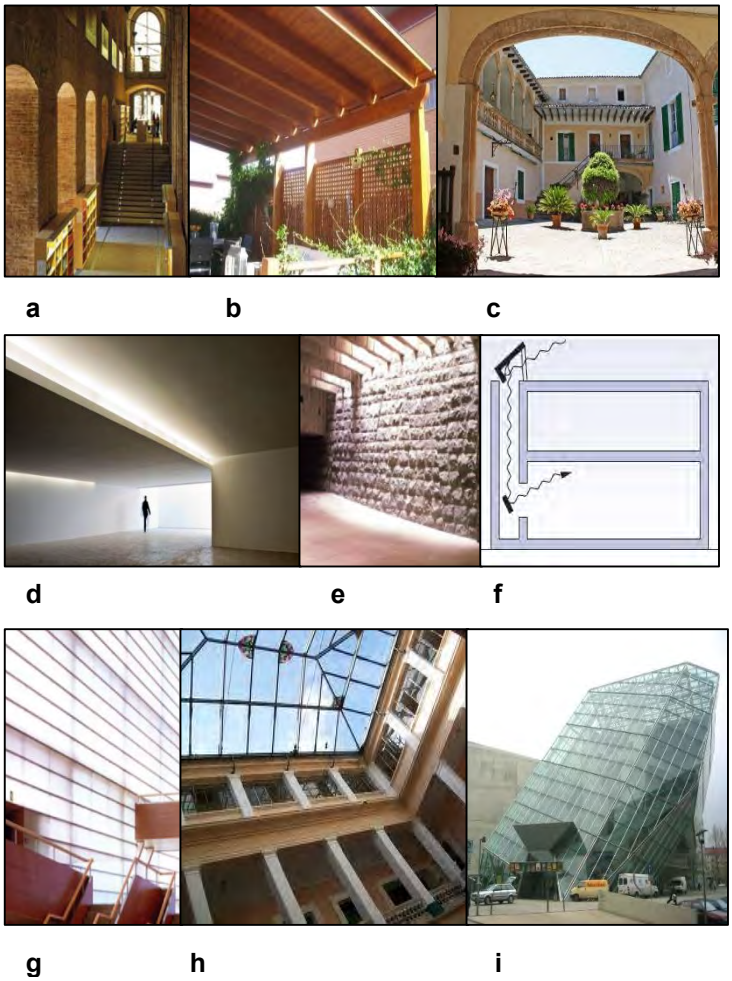


Figura 169. Elementos de captación de luz natural convencionales como parte del diseño arquitectónico (Lopez,2003)

Más allá de las técnicas de iluminación con luz natural convencionales vistos anteriormente, que conocemos desde hace miles de años, hoy disponemos de varios sistemas considerando el uso y función específico que tendrá, ya sea para re-direccionamientos de luz directa y difusa, transporte de luz directa, protección solar contra sombreados, luces intensas o atenuación tales como (Barchiesi, 2007) (Figura 170): **Persiana horizontal** (Figura 170.a), **Repisa** (Figura 170.b), **Volado** (Figura 170.c), **Pergolado** (Figura 170.d), **Faldón** (Figura 170.e), **Toldo** (Figura 170.f).

Figura 170. Elementos de control solar (Lopez,2003)

Persiana Vertical (Figura 171.g), **Partesol** (Figura 171.h) **Pantalla** (Figura 171.i), **Celosía** (Figura 171.j), **Contraventanas** (Figura 171.k), **Cortinajes** (Figura 171.l).

Figura 171. Elementos de control solar (Lopez,2003)

Así como existen múltiples y diversos sistemas de protección y control solar, también existen **sistemas innovadores de iluminación** ya sea natural o artificial, los cuales están concebidos para mejorar la eficiencia y las condiciones de servicio, mediante la introducción de nuevas funciones, haciéndolas más flexibles, confortables y eficientes (Assaf, 2006).

Elementos de optimización exteriores:

***Estantes de luz:** Son superficies reflectoras que dirigen la luz hacia el centro del techo del espacio (Figura 172.a).

***Aleros Light Shelf:** La superficie superior será de un material sumamente reflejante como una lámina de algún metal pulido o un material de terminación perfectamente blanca (Figura 172.b).

***Louvers:** Son aquellos dispositivos para evitar o controlar una iluminación excesiva, pueden ser grandes placas, que se interponen entre los rayos del sol y la abertura (Figura 172.c).

***Colectores de seguimiento solar:** Son elementos de reflexión que atrapan y redirigen la luz a partir de reflectores solares que incrementan la iluminación natural, los cuales se sitúan a media fachada, a una altura en la que se asegura su "soleamiento" durante todo el año, pero lo más cerca del fondo posible, desde esta posición, los reflectores dirigen los rayos del sol sobre las paredes y el fondo del patio. (Figura 172.d).

***Anidolicos:** Son aquellos sistemas con un perfil para re-direccionar la luz difusa y mejoras las condiciones lumínicas para espacios demasiado profundos por medio del plafón como elemento que aportaría la iluminación (Figura 172.e).

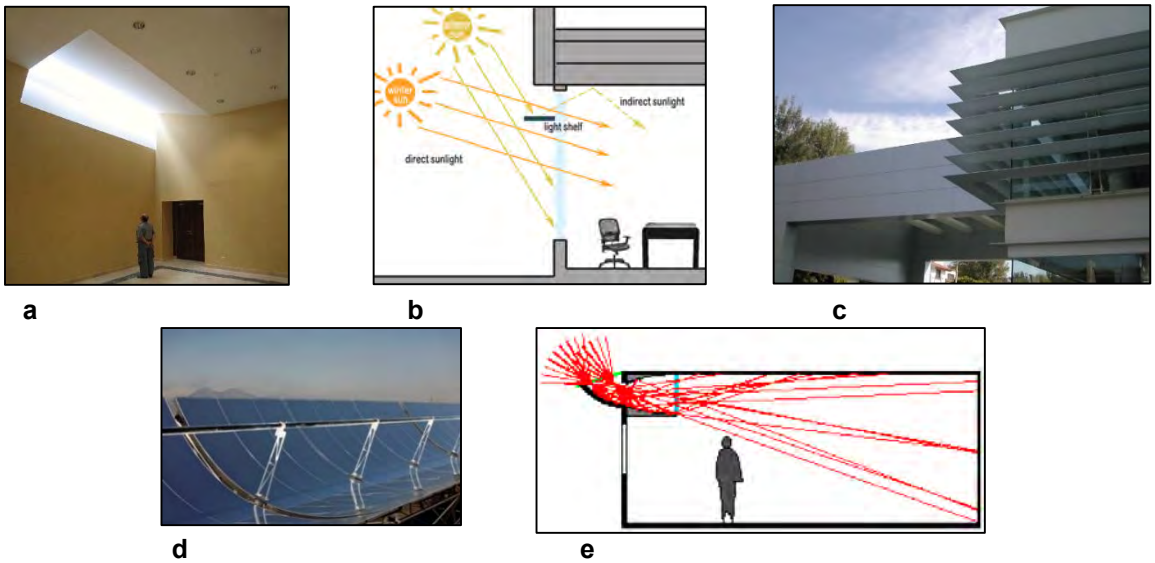
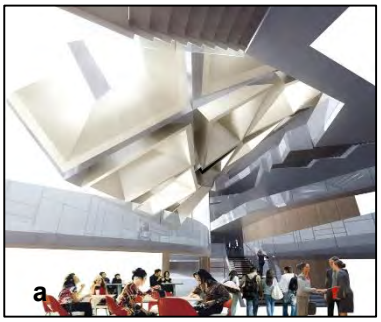


Figura 172. Sistemas innovadores de iluminación natural en exteriores (Lopez,2003)

Elementos de optimización en interiores:

***Difusores:** Son superficies difusoras que reciben la iluminación natural directamente y la reflejan hacia el local en todas las direcciones del espacio, llegando así a puntos donde la luz natural no llega (Figura 173.a).

***Lumiductos:** Son aquellos dispositivos que conducen la luz natural a espacios donde la luz solar no llega por ventanas o es limitada y escasa y se compone de tres partes; colector solar, conductor y difusor del sol al ambiente (Figura 173.b).



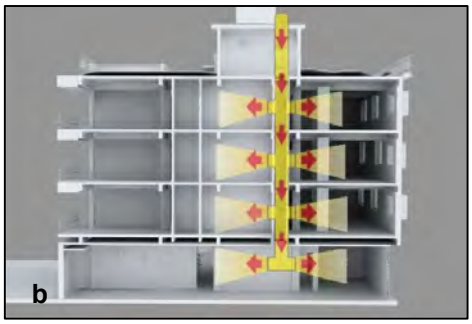


Figura 173. Sistemas innovadores de iluminación natural en exteriores (Lopez,2003)

¿Qué nos deja esto para la arquitectura? Los sistemas de luz diurna se pueden adaptar a los ventanales para las condiciones de cielo del lugar y puedan conducir o redirigir la luz del día así mismo pueden utilizarse para sombrear como elemento de protección solar para evitar el sobrecalentamiento, otros pueden servir para proteger la iluminación excesiva, es decir, los deslumbramientos y para re-direccionar la luz del sol, sin olvidar que todos aquellos dispositivos deben de ser evaluados para demostrar su eficiencia y funcionamiento ya sea por métodos gráficos o por simulaciones electrónicas.

6.3 CONCLUSIONES PARCIALES

No olvidemos que en cualquier proyecto arquitectónico, los requisitos que un sistema de iluminación debe cumplir para proporcionar las condiciones necesarias para el confort visual son: Iluminación uniforme, Iluminancia óptima de acuerdo a la actividad a realizar, ausencia de brillos deslumbrantes causantes de variadas enfermedades, condiciones de contraste adecuadas de acuerdo al efecto a lograr, colores correctos por todos sus beneficios psicológicos y ausencia de efectos estroboscópicos. Es importante examinar la luz en el lugar de trabajo no sólo con criterios cuantitativos, sino cualitativos. El primer paso es estudiar el puesto de trabajo, la movilidad del trabajador etcétera. La luz debe incluir componentes de radiación difusa y directa.

El resultado de la combinación de ambos producirá sombras de mayor o menor intensidad, que permitirán al trabajador percibir la forma y la posición de los objetos situados en el puesto de trabajo. Deben

eliminarse los reflejos molestos, que dificultan la percepción de los detalles, así como los brillos excesivos o las sombras oscuras. El mantenimiento periódico de la instalación ya sea natural o artificial es muy importante. El objetivo es prevenir el envejecimiento y la acumulación de polvo en las luminarias, cuya consecuencia será una constante pérdida de luz. Por esta razón, es importante elegir sistemas fáciles de mantener. El nivel de luminosidad puede descender a la mitad en poco tiempo si no se cuida la instalación. Un mantenimiento sistemático debe ser previsto, sobre todo en los locales polvorientos.

Es bien sabido que la iluminación natural a partir de los años 70`s por cuestiones de energía se retomó y/o reinvento como un recurso sustentable para la iluminación de edificios y es una alternativa preferida por los usuarios.

Para el aprovechamiento de la luz natural en edificios y sus partes constituyentes, es necesario comprender el uso de la energía a través de la historia y sus modificaciones a lo largo de los años, la situación energética que nos marca como país dentro de un mundo globalizado y sobre todo los principios de la iluminación natural, para integrarlos adecuadamente desde el inicio del proceso de diseño en cualquier proyecto arquitectónico. Esta comprensión comienza con el conocimiento del edificio al cual se va a proyectar, su ubicación y el adecuado conocimiento del sol y sus radiaciones de acuerdo a sus coordenadas geográficas para la obtención de clasificaciones características para las distintas regiones, un conocimiento amplio del entorno mediato e inmediato y sobre todo el tipo de usuario que vivirá nuestra arquitectura pues los trabajos de normas y recomendaciones sobre aprovechamiento de luz natural derivan del conocimiento que tienen ciertos países que poseen datos y modelos verificados; cosa excluyente de nuestro país pues no considera todo lo visto en este capítulo para el reglamento de construcciones.

A esta altura del proyecto de investigación es claro que la luz natural es un elemento esencial en todas las personas, particularmente en los niños contribuye a su crecimiento, puesto que hasta hace bien poco, se consideraba que la vitamina D, proveniente del sol, solo era importante para evitar el raquitismo en los niños, sin embargo, actualmente se ha demostrado su relevancia para los alumnos que reciben luz natural en las aulas ya que estos tienen más capacidad para aprender, mayor concentración y, por supuesto, mejora el crecimiento y previene enfermedades. Un estudio realizado por la Universidad de Nebrija sobre “la influencia de la luz en el rendimiento escolar” concluye que una buena iluminación afecta positivamente a los alumnos con un ritmo de aprendizaje más lento y también en su estado emocional. Conscientes de esta realidad y una vez vaciando el marco teórico, la Escuela primaria de tiempo completo “Ricardo Flores Magón” ubicada en el Estado de México se convierte en el foco de atención para esta investigación con el objetivo de mejorar las condiciones lumínicas por medio de estrategias de diseño especificas dentro de los salones y contribuir al ahorro energético reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero como se analizara en el próximo capítulo experimental.

CAPÍTULO 7

DESARROLLO EXPERIMENTAL. APROVECHAMIENTO EFICIENTE DE LA LUZ DIURNA EN AULAS DE NIVEL BÁSICO

"La luz natural es la única luz que hace que la arquitectura sea arquitectura".

LOUIS I. KAHN

CAPÍTULO 7. DESARROLLO EXPERIMENTAL. APROVECHAMIENTO EFICIENTE DE LA LUZ DIURNA EN AULAS DE NIVEL BASICO.

Muchas son las cosas que deben de cambiar en el sistema educativo actual para que sea competitiva en este siglo. Quizás una de las más importantes sea aquella a la que menos importancia se presta, la configuración del espacio en el aula así como su integración al entorno.

Seymour Papert, profesor del MIT y creador del lenguaje de programación LOGO, argumentó sobre el inmovilismo y estancamiento del sistema educativo:

"Si tomásemos a un cirujano de 1890 y lo colocásemos en un quirófano actual, entraría en shock y no sabría ni por dónde empezar, dado el tremendo avance tecnológico que se ha producido en los quirófanos y en la medicina. Por el contrario, si tomamos un profesor de un colegio de enseñanza primaria de la misma época y lo trasladamos a una escuela actual, podría tomar el ritmo de la clase en pocos minutos"

Nuestras aulas clásicas a cualquier nivel permanecen fieles a un diseño centenario: pupitres en fila india frente al profesor, su pizarrón, ventanas sin diseño, colores variados, configuraciones irregulares, etc. **¿Es un diseño obsoleto, existen propuestas de cambio racionales y atractivas?** El estudio realizado en escuelas primarias, *por la Universidad de Salford y arquitectos de Nightingale Associates*, cuantificó que **el entorno del aula y su configuración puede influir en el progreso académico de un niño en un 25% de forma positiva o negativa.** El objetivo de una buena iluminación es brindar seguridad, confort o resaltar los elementos que componen un ambiente determinado. En las escuelas, la iluminación juega un papel esencial en el proceso de aprendizaje de los alumnos; como las oficinas, las escuelas son un lugar de trabajo en el que la concentración y el rendimiento juegan un papel importante. Para los salones de clase se tiene que pensar en las distintas actividades que se realizan a lo largo del día y en que una iluminación monótona haría que los estudiantes perdieran el interés en las labores escolares disminuyendo su rendimiento.

Por todo ello, gracias a la facilitación del gobierno del Estado de México enfocaremos nuestro caso de estudio ***a salones en escuelas primarias de tiempo completo pertenecientes al INIFED (Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa) antes CAPFCE***; el cual es un organismo descentralizado de la Secretaría de Educación Pública, cuyo objetivo es fungir como la entidad con capacidad normativa, de consultoría y certificación de la calidad de la infraestructura física educativa del país, de construcción y como una instancia asesora en materia de prevención y atención de daños ocasionados por desastres naturales, tecnológicos o humanos en el sector educativo, es decir, toda la elaboración de los proyectos de los planteles educativos estará basada en los requerimientos proporcionados por esta área analizada en el capítulo 5.

Tras lo anteriormente expuesto tan solo nos queda reflexionar y preguntarnos: ¿Que nuevos diseños podemos proponer para cambiar nuestros espacios de aprendizaje y contribuir así al confort lumínico?

7.1 METODOLOGÍA GENERAL Y ESPECÍFICA DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolla en siete secciones: la primera es la de diagnóstico de la situación actual (caso base) del espacio de estudio en base al análisis de todos los factores explicados en el capítulo anterior determinando al final de esta etapa cuáles factores de iluminación natural se pueden adaptar o aplicar tanto para la fácil manipulación y/o simulación como para el aprovechamiento eficiente de la luz diurna, la segunda será las mediciones reales en sitio para la futura referencia a modelos físicos tridimensionales y conocer la situación lumínica, la tercera será la elaboración del modelo físico tridimensional a escala representando tal cual las características del salón elegido y su calibración mediante el uso del cielo artificial para determinar que el modelo es válido para la experimentación, la cuarta etapa será la simulación del estado actual pero para las demás estaciones del año con el modelo físico ya calibrado y validado determinando las condiciones de iluminación actuales tanto a nivel absoluto (lux) como a nivel relativo o modelo matemático (FLD), la quinta será la aplicación y variación de los factores elegidos en la primera sección al modelo físico, la sexta sección será la simulación tanto del estado actual como de la variación de los factores en modelos tridimensionales digitales en softwares y la última sección será la de definición e interpretación de resultados (Figura 174).

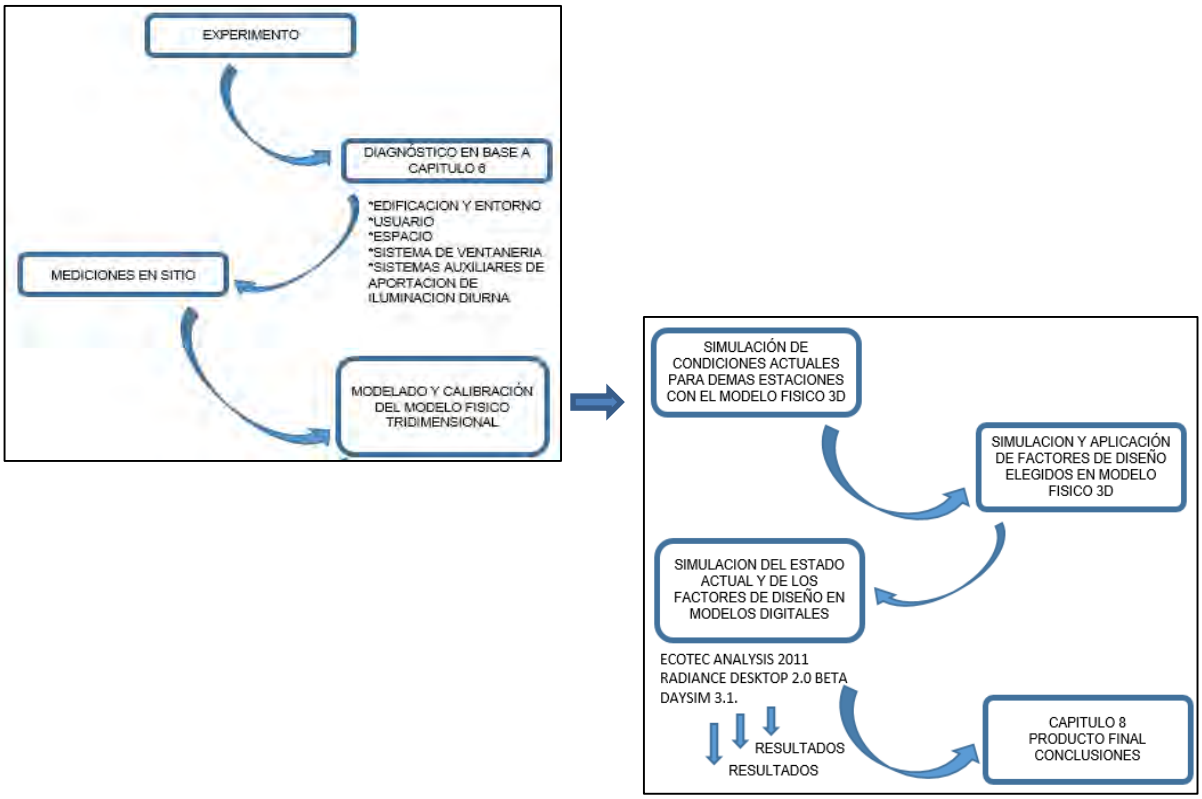


Figura 174. Metodología del experimento

7.2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ILUMINACION NATURAL DE EDIFICIOS

7.2.1 INTRODUCCIÓN

En esta parte de la investigación se siguen los puntos del capítulo anterior, es decir, aquellos factores que intervienen en la iluminación natural aplicados a un caso de estudio en específico para conocer la situación actual del predio y así muestre una realidad de cómo puede ser implementada desde la fase de diseño para cualquier proyecto siendo esto lo ideal. Es importante resaltar que en este punto se presenta de una forma resumida, mostrando solo resultados e información del proyecto existente debido a que no es el objetivo el explicar detalladamente como en el anterior. Como se fue estableciendo a lo largo de esta tesis, la elección del caso de estudio se debió a la facilidad que brindo el gobierno **del Estado de México y la Secretaria de Educación Pública**, así como los métodos de análisis, situación lumínica en la mayoría de las escuelas públicas del país, tiempo disponible para realizar el estudio y los resultados que se podrían obtener tanto cualitativos y cuantitativos enfocándose para futuras referencias de esta investigación a fin de que sea una planeación integral para el aprovechamiento de la luz diurna en la fase conceptual de cualquier proyecto arquitectónico.

7.2.2 DE MANERA GENERAL. EDIFICACIÓN Y ENTORNO

Figura 175. Edificación y entorno

7.2.2.1 GÉNERO DE EDIFICIO Y TAREAS VISUALES A REALIZAR

De acuerdo a la clasificación del **Ing. Arq. A. Plazola Cisneros** tomándolo de referencia nuestro caso de estudio se centra en la función de cultivo de la personalidad, es decir, educación y por lo tanto las escuelas de nivel básico se encuentran dentro de este género de edificio. La educación primaria (también conocida como educación básica o enseñanza elemental) es aquella institución en la que se realizan

tareas que aseguren la correcta alfabetización, es decir, que enseña a leer, escribir, cálculo básico y algunos de los conceptos culturales considerados imprescindibles, como música, danza, pintura, tanto como en las aulas, como los talleres y patios de juego y cívicos. Su finalidad es proporcionar a todos los alumnos una formación común que haga posible el desarrollo de las capacidades individuales motrices, de equilibrio personal; de relación y de actuación social con la adquisición de los elementos básicos culturales; los aprendizajes relativos mencionados anteriormente.

El presente estudio se centra dentro del programa de **ESCUELAS DE TIEMPO COMPLETO (ETC)** la cual amplía su horario de atención a jornadas de entre 6 y 8 horas, para fortalecer la calidad de los aprendizajes, se proponen mejorar los resultados educativos, fortalecer el desarrollo del currículo, propiciar el logro de aprendizajes con calidad en un marco de equidad, y atender las dificultades y necesidades educativas de todos los alumnos que asisten a ellas, teniendo como nombre oficial:

Escuela de Tiempo Completo "Ricardo Flores Magón" C.C.T15DPR1979J Zona escolar No. 06, Sector educativo No. 9 (Figura 176).

Figura 176. Escuela Ricardo Flores Magón

7.2.2.2 DISPONIBILIDAD DE LA LUZ DE DÍA

***Ubicación y coordenadas geográficas**

Iniciando esta fase cuyos objetivos son evaluar y diagnosticar las condiciones lumínicas en las que actualmente se encuentran las aulas típicas, es necesario saber las condiciones del entorno y la ubicación.

Dirección: Península de York y Salvador Allende s/n. El rosario II, Tlalnepantla, Estado de México. C.P 54090 (Figura 177).

Coordenadas geográficas

Latitud: 19º 30` 41`` N

Longitud: 99º 10`54`` O

Altura sobre el nivel del mar: 2252 m

Figura 177. Ubicación del caso de estudio

La zona de estudio cuenta con una alta accesibilidad, en este análisis de entorno mediato, se observa como el estudio se encuentra en los límites con el distrito federal, colindando con Azcapotzalco. Se conecta por la Av. Cultura romana paralela a las vías ferroviarias y del lado poniente con la Av. Iztacala, colindando en su parte norte colinda con la Autopista urbana Naucalpan-Ecatepec. Dicha escuela cuenta con un radio de acción y/o de influencia para las colonias San Pablo Xalapa, Xochinahuac, Manuel Rivera Anaya, el Rosario II y los Reyes Iztacala. El predio colinda en su parte norte con el callejón llamado Cultura Maya y posteriormente con la Autopista Urbana Naucalpan-Ecatepec, al sur de manera inmediata con Salvador Allende y al oriente con Península de York, conectadas a su parte inferior con la Av. Cultura Romana, siendo esta la Avenida que permite el desalojo (Figura 178).

Figura 178. Ubicación local del caso de estudio

***Días soleados disponibles (cambio estacional)**

El soleamiento es solo uno de los factores bioclimáticos a tomar en cuenta durante el diseño de nuevas escuelas o ampliación de las existentes: la protección de vientos o el aprovechamiento de brisas, la iluminación natural y la protección solar en verano son igualmente otros aspectos que deberán contribuir a la conformación del diseño. Para facilitar la determinación de la posición del sol, se hizo el cálculo de todos aquellos ángulos solares en hojas de cálculo en base a la metodología de estudio **del Dr. Víctor A. Fuentes Freixanet (Profesor investigador de la UAM-A perteneciente al departamento del medio ambiente).** Se muestra en la Tabla 49 resaltando las estaciones, su duración y el día que corresponde para equinoccios y solsticios, mientras que en la Figura 179 se muestra el recorrido aparente anual del sol en el proyecto.

ESTACIONES	días
INVIERNO	90
PRIMAVERA	92
VERANO	94
OTOÑO	89
	365

día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365
días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Tabla 49. Estaciones del año

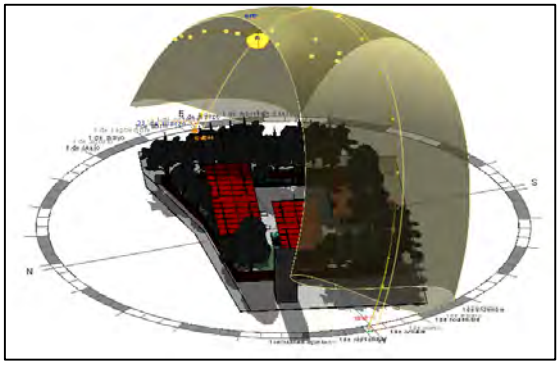
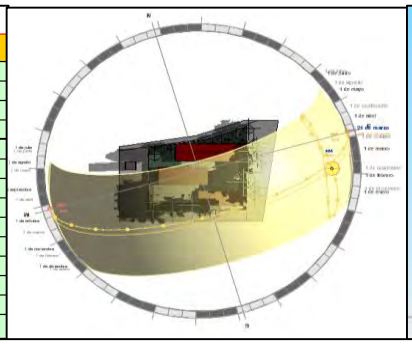


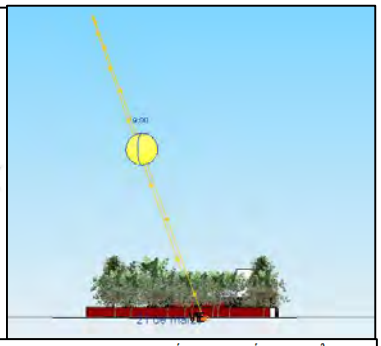
Figura 179. Recorrido anual en el caso de estudio

El estudio de los ángulos solares se determina para los Equinoccios y Solsticios de la siguiente manera:

Equinoccio de Primavera (21-Marzo)

Ciudad:	Tlalnepantla, Edo. Mex.	
Latitud:	19º,30'	grados
Longitud:	99º,10'	grados
Meridiano de referencia	90º,00'	grados
Altitud:	2252	msnm
Fecha (día) 1-31	**21**	día
Fecha (mes) 1-12	**3**	mes
Día juliano	80	día
Ángulo diario	1,36	radianes
Declinación	0,00	decimal
Duración del día	12,00	horas
Distancia solar	0,9961	x UA
Corrección por longitud	-36,67	minutos
Ecuación del tiempo*	-7,8619	minutos
Δt	-44,53	minutos





	Hora/Grados decimal					Hora/Grados: minutos: segundos					RADIACIÓN SOLAR TEÓRICA (W/m²)		
	HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		TOTAL	DIRECTA	DIFUSA
ORTO	6,00	6,74	0,00	90,00	SE	6,00'	6,44'32"	0º,00'00"	90º,00'00"	SE	0,00	0,00	0,00
	5,00					5,00'							
	6,00	6,74	0,00	90,00	SE	6,00'	6,44'32"	0º,00'00"	90º,00'00"	SE	0,00	0,00	0,00
	7,00	7,74	14,12	84,89	SE	7,00'	7,44'32"	14º,07'16"	84º,53'20"	SE	203,33	124,12	79,22
	8,00	8,74	28,12	79,09	SE	8,00'	8,44'32"	28º,07'12"	79º,05'29"	SE	403,99	303,67	100,33
	9,00	9,74	41,80	71,54	SE	9,00'	9,44'32"	41º,48'04"	71º,32'26"	SE	570,61	462,55	108,06
	10,00	10,74	54,72	59,96	SE	10,00'	10,44'32"	54º,43'16"	59º,57'53"	SE	697,13	585,45	111,67
	11,00	11,74	65,58	38,75	SE	11,00'	11,44'32"	65º,34'39"	38º,45'15"	SE	776,32	662,95	113,38
	12,00	12,74	70,50	0,00	S	12,00'	12,44'32"	70º,30'00"	0º,00'00"	S	803,29	689,41	113,88
	13,00	13,74	65,58	-38,75	SO	13,00'	13,44'32"	65º,34'39"	-38º,45'15"	SO	776,32	662,95	113,38
	14,00	14,74	54,72	-59,96	SO	14,00'	14,44'32"	54º,43'16"	-59º,57'53"	SO	697,13	585,45	111,67
	15,00	15,74	41,80	-71,54	SO	15,00'	15,44'32"	41º,48'04"	-71º,32'26"	SO	570,61	462,55	108,06
	16,00	16,74	28,12	-79,09	SO	16,00'	16,44'32"	28º,07'12"	-79º,05'29"	SO	403,99	303,67	100,33
	17,00	17,74	14,12	-84,89	SO	17,00'	17,44'32"	14º,07'16"	-84º,53'20"	SO	203,33	124,12	79,22
	18,00	18,74	0,00	-90,00	SO	18,00'	18,44'32"	0º,00'00"	-90º,00'00"	SO	0,00	0,00	0,00
	19,00					19,00'							
OCASO	18,00	18,74	0,00	-90,00	SO	18,00'	18,44'32"	0º,00'00"	-90º,00'00"	SO	0,00	0,00	0,00
											6106,06	4966,89	1139,18
											100,0%	81,3%	18,7%

Sol en el cenit	día aproximado
Fecha 1	139,0
Fecha 2	208,0

Tabla 50. Ángulos solares primavera

Recordemos que respecto a un observador, un astro está en el orto (amanecer) cuando atraviesa el plano del horizonte y pasa al hemisferio visible. Es decir, cuando su altura astronómica es cero pasando de negativa a positiva. Mientras que un astro, y en particular el Sol, están en el ocaso cuando, por efecto de la rotación de la Tierra, atraviesa el plano del horizonte y pasa del hemisferio visible al no visible. Es

decir, cuando su altura es cero, pasando de positiva a negativa. En el caso del Sol, ello determina el fin del día, llamado también anochecer. En primavera y verano para el hemisferio norte se pone entre el oeste y el norte (declinación positiva); en otoño e invierno su ocaso es entre el oeste y el sur (declinación 175negativa). A continuación en la Figura 180 se muestra una muestra del recorrido aparente en la bóveda celeste del Sol para el equinoccio de primavera y otoño.

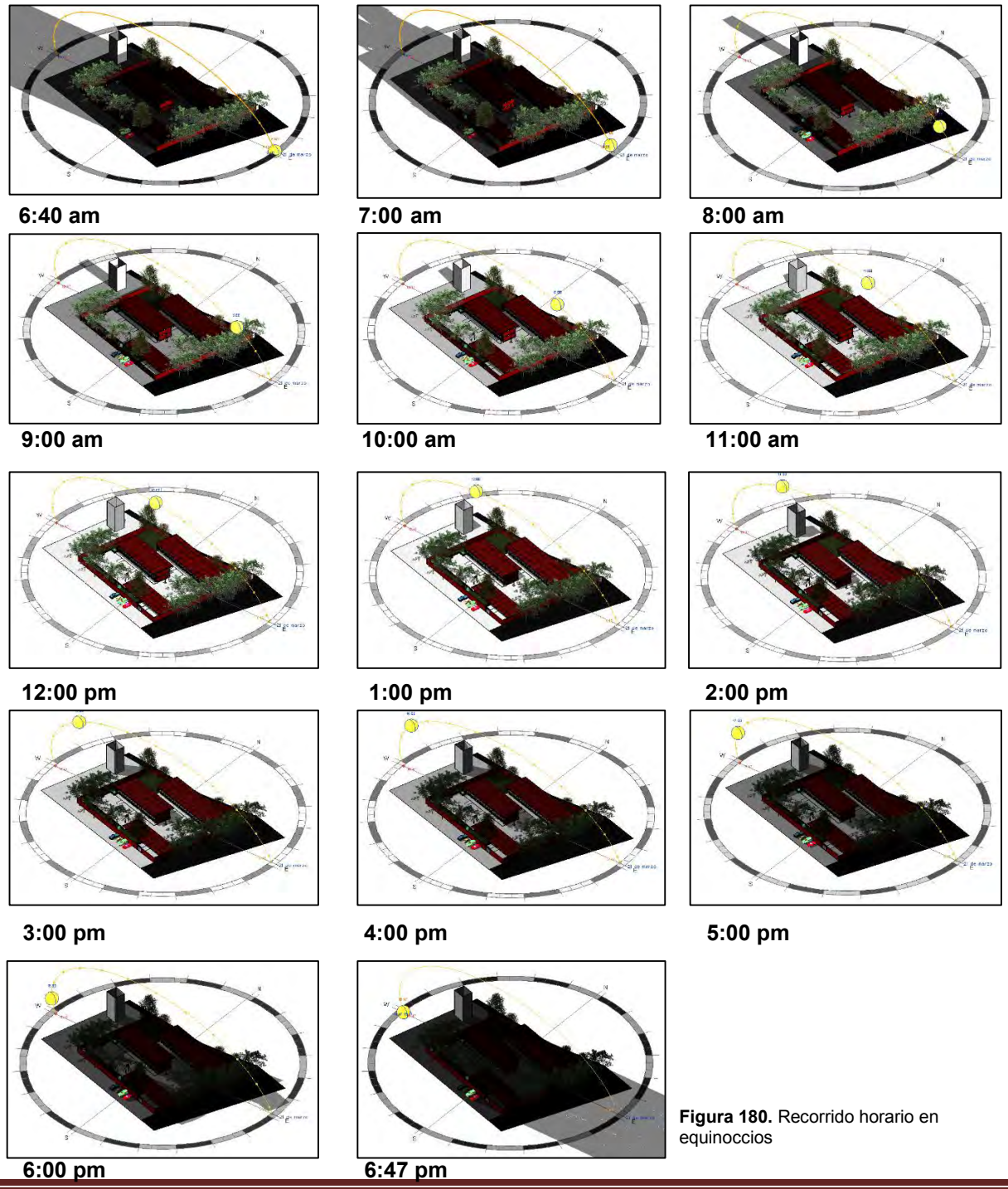
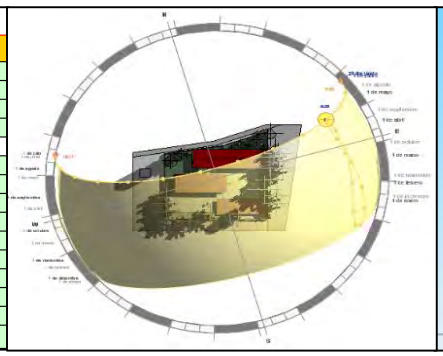


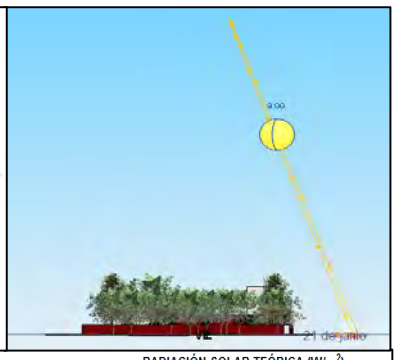
Figura 180. Recorrido horario en equinoccios

El orto en esta estación, es decir, cuando el sol pasa del plano del horizonte al plano visible ocurre aproximadamente a las 6:40 horas y el ocaso tiene presencia a las 18:47 horas teniendo una duración del día de 12 horas.

Solsticio de Verano (21-Junio)

Ciudad:	Tlalnepantla, Edo. Mex.	
Latitud:	19º,30'	grados
Longitud:	99º,10'	grados
Meridiano de referencia	90º,00'	grados
Altitud:	2252	msnm
Fecha (día) 1-31	**21**	día
Fecha (mes) 1-12	**6**	mes
Día juliano	172	día
Ángulo diario	2,94	radianes
Declinación	23,45	decimal
Duración del día	13,18	horas
Distancia solar	1,0167	x UA
Corrección por longitud	-36,67	minutos
Ecuación del tiempo*	-1,3246	minutos
Δt	-37,99	minutos



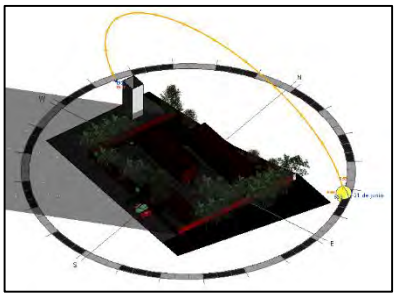


	Hora/Grados decimal					Hora/Grados: minutos: segundos					RADIACIÓN SOLAR TEÓRICA (W/m²)		
	HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		TOTAL	DIRECTA	DIFUSA
ORTO	5,41	6,04	0,00	114,97	SE	5,24'	6,02'39"	0º,00'00"	114º,58'24"	SE	0,00	0,00	0,00
	5,00					5,00'							
	6,00	6,63	7,63	112,24	SE	6,00'	6,37'59"	7º,38'03"	112º,14'29"	SE	76,74	31,03	45,71
	7,00	7,63	20,90	108,47	SE	7,00'	7,37'59"	20º,53'45"	108º,27'54"	SE	270,88	174,90	95,97
	8,00	8,63	34,42	105,61	SE	8,00'	8,37'59"	34º,25'07"	105º,36'51"	SE	438,97	326,07	112,90
	9,00	9,63	48,10	103,74	SE	9,00'	9,37'59"	48º,06'08"	103º,44'24"	SE	579,78	459,07	120,71
	10,00	10,63	61,86	103,48	SE	10,00'	10,37'59"	61º,51'21"	103º,28'46"	SE	686,75	562,01	124,74
	11,00	11,63	75,50	108,48	SE	11,00'	11,37'59"	75º,30'07"	108º,28'50"	SE	753,69	626,95	126,74
	12,00	12,63	86,05	180,00	S	12,00'	12,37'59"	86º,02'53"	180º,00'00"	S	776,49	649,14	127,35
	13,00	13,63	75,50	-108,48	SO	13,00'	13,37'59"	75º,30'07"	-108º,28'50"	SO	753,69	626,95	126,74
	14,00	14,63	61,86	-103,48	SO	14,00'	14,37'59"	61º,51'21"	-103º,28'46"	SO	686,75	562,01	124,74
	15,00	15,63	48,10	-103,74	SO	15,00'	15,37'59"	48º,06'08"	-103º,44'24"	SO	579,78	459,07	120,71
	16,00	16,63	34,42	-105,61	SO	16,00'	16,37'59"	34º,25'07"	-105º,36'51"	SO	438,97	326,07	112,90
	17,00	17,63	20,90	-108,47	SO	17,00'	17,37'59"	20º,53'45"	-108º,27'54"	SO	270,88	174,90	95,97
	18,00	18,63	7,63	-112,24	SO	18,00'	18,37'59"	7º,38'03"	-112º,14'29"	SO	76,74	31,03	45,71
	19,00					19,00'							
OCASO	18,59	19,22	0,00	-114,97	SO	18,35'	19,13'20"	0º,00'00"	-114º,58'24"	SO	0,00	0,00	0,00
											6390,12	5009,21	1380,91
											100,0%	78,4%	21,6%

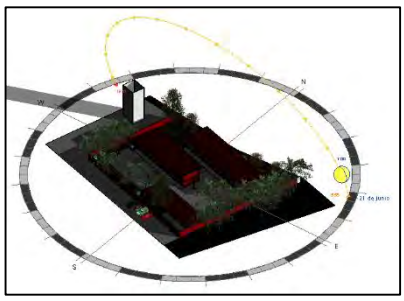
Sol en el cenit	día aproximado
Fecha 1	139,0
Fecha 2	208,0

Tabla 51. Ángulos solares verano

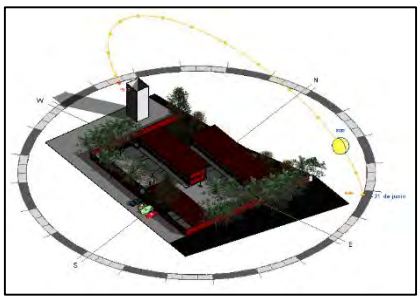
El orto en esta estación, es decir, cuando el sol pasa del plano del horizonte al plano visible ocurre aproximadamente a las 5:59 horas y el ocaso tiene presencia a las 19:17 horas teniendo una duración del día de 13.18 horas teniendo los días más largos del año y podemos observarlo en la Figura 181 de la sucesión de la trayectoria aparente del sol.



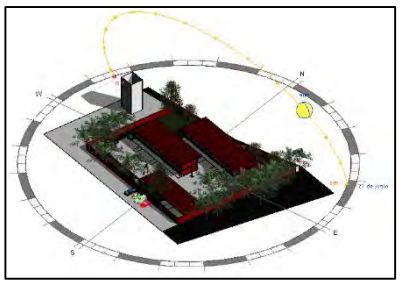
5:59 am



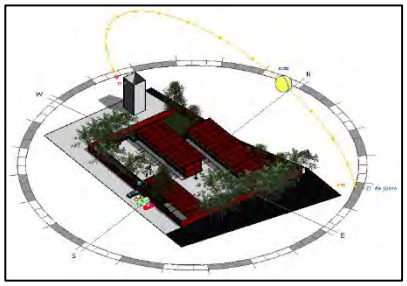
7:00 am



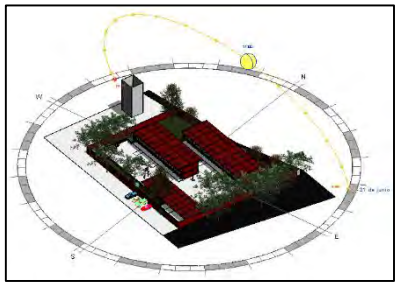
8:00 am



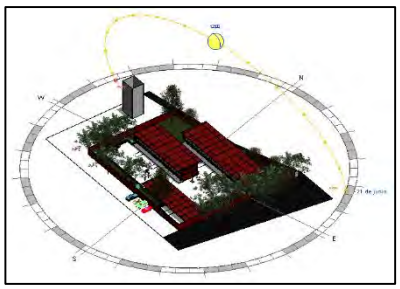
9:00 am



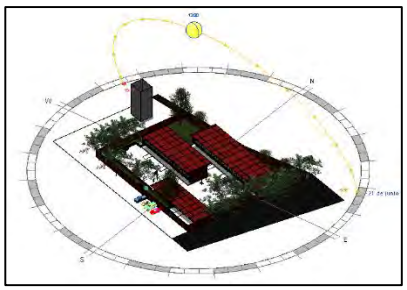
10:00 am



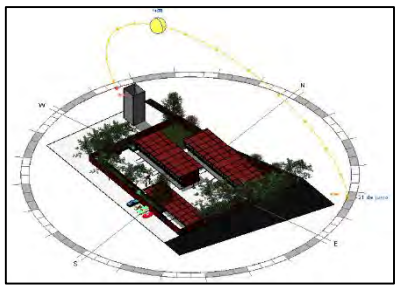
11:00 am



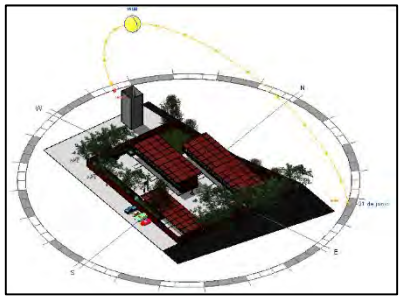
12:00 pm



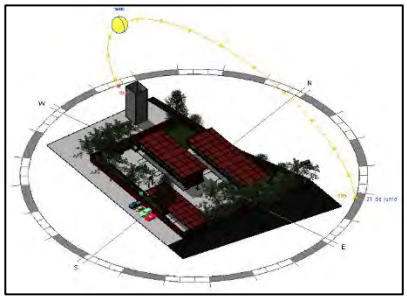
1:00 pm



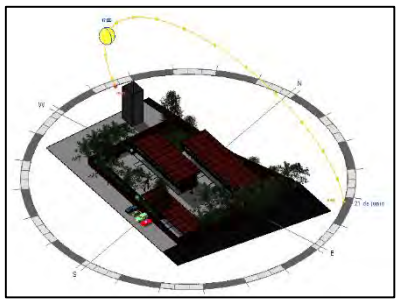
2:00 pm



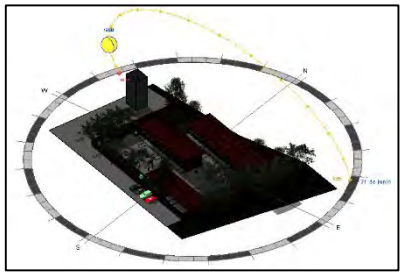
3:00 pm



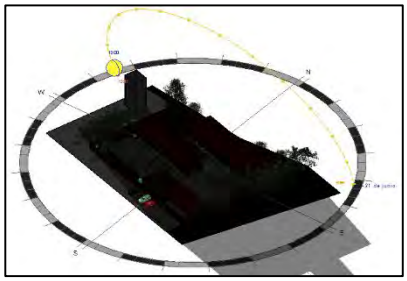
4:00 pm



5:00 pm



6:00 pm

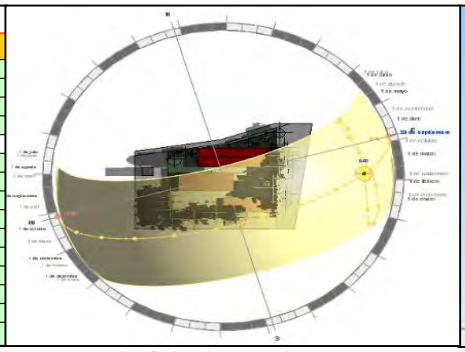


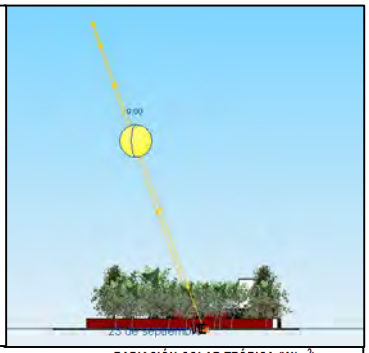
7:17 pm

Figura 181. Recorrido horario en verano

Equinoccio de Otoño (23-Septiembre)

Ciudad:	Tlalnepantla, Edo. Mex.	
Latitud:	19º,30'	grados
Longitud:	99º,10'	grados
Meridiano de referencia	90º,00'	grados
Altitud:	2252	msnm
Fecha (día) 1-31	**23**	día
Fecha (mes) 1-12	**9**	mes
Día juliano	266	día
Ángulo diario	4,56	radianes
Declinación	0,00	decimal
Duración del día	12,00	horas
Distancia solar	1,0035	x UA
Corrección por longitud	-36,67	minutos
Ecuación del tiempo*	7,6392	minutos
Δt	-29,03	minutos





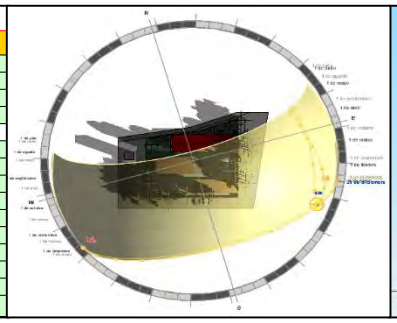
	Hora/Grados decimal					Hora/Grados: minutos: segundos					RADIACIÓN SOLAR TEÓRICA (W/m²)		
	HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		TOTAL	DIRECTA	DIFUSA
ORTO	6,00	6,48	0,00	90,00	SE	6,00'	6,29'02"	0º,00'00"	90º,00'00"	SE	0,00	0,00	0,00
	5,00					5,00'							
	6,00	6,48	0,00	90,00	SE	6,00'	6,29'02"	0º,00'00"	90º,00'00"	SE	0,00	0,00	0,00
	7,00	7,48	14,12	84,89	SE	7,00'	7,29'02"	14º,07'16"	84º,53'20"	SE	192,66	112,77	79,90
	8,00	8,48	28,12	79,09	SE	8,00'	8,29'02"	28º,07'12"	79º,05'29"	SE	389,27	284,82	104,46
	9,00	9,48	41,80	71,54	SE	9,00'	9,29'02"	41º,48'04"	71º,32'26"	SE	551,84	438,20	113,64
	10,00	10,48	54,72	59,96	SE	10,00'	10,29'02"	54º,43'16"	59º,57'53"	SE	675,05	557,09	117,96
	11,00	11,48	65,58	38,75	SE	11,00'	11,29'02"	65º,34'39"	38º,45'15"	SE	752,12	632,12	120,00
	12,00	12,48	70,50	0,00	S	12,00'	12,29'02"	70º,30'00"	0º,00'00"	S	778,36	657,75	120,61
	13,00	13,48	65,58	-38,75	SO	13,00'	13,29'02"	65º,34'39"	-38º,45'15"	SO	752,12	632,12	120,00
	14,00	14,48	54,72	-59,96	SO	14,00'	14,29'02"	54º,43'16"	-59º,57'53"	SO	675,05	557,09	117,96
	15,00	15,48	41,80	-71,54	SO	15,00'	15,29'02"	41º,48'04"	-71º,32'26"	SO	551,84	438,20	113,64
	16,00	16,48	28,12	-79,09	SO	16,00'	16,29'02"	28º,07'12"	-79º,05'29"	SO	389,27	284,82	104,46
	17,00	17,48	14,12	-84,89	SO	17,00'	17,29'02"	14º,07'16"	-84º,53'20"	SO	192,66	112,77	79,90
	18,00	18,48	0,00	-90,00	SO	18,00'	18,29'02"	0º,00'00"	-90º,00'00"	SO	0,00	0,00	0,00
	19,00					19,00'							
OCASO	18,00	18,48	0,00	-90,00	SO	18,00'	18,29'02"	0º,00'00"	-90º,00'00"	SO	0,00	0,00	0,00
											5900,26	4707,73	1192,53
											100,0%	79,8%	20,2%

Sol en el cenit	día aproximado
Fecha 1	139,0
Fecha 2	208,0

Tabla 52. Ángulos solares en otoño

Solsticio de Invierno (21-Diciembre)

Ciudad:	Tlalnepantla, Edo. Mex.	
Latitud:	19º,30'	grados
Longitud:	99º,10'	grados
Meridiano de referencia	90º,00'	grados
Altitud:	2252	msnm
Fecha (día) 1-31	**21**	día
Fecha (mes) 1-12	**12**	mes
Día juliano	355	día
Ángulo diario	6,09	radianes
Declinación	-23,45	decimal
Duración del día	10,82	horas
Distancia solar	0,9834	x UA
Corrección por longitud	-36,67	minutos
Ecuación del tiempo*	2,1740	minutos
Δt	-34,49	minutos



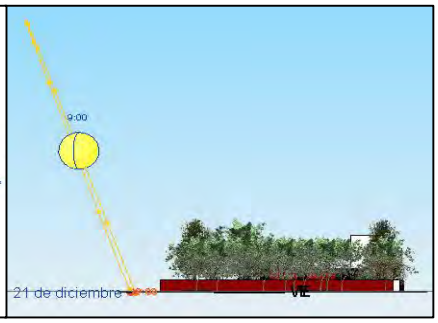


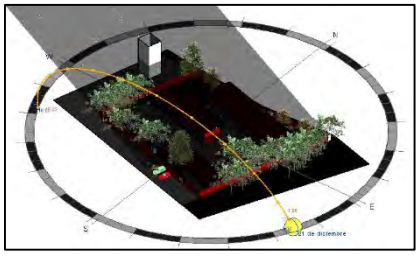
Tabla 53. Ángulos solares en invierno

El orto en esta ocasión, es decir, cuando el sol pasa del plano del horizonte al plano visible ocurre aproximadamente a las 7:06 horas y el ocaso tiene presencia a las 18:02 horas teniendo una duración del día de 10.82 horas teniendo los días más cortos en el año como se ve en la Tabla 53.

	Hora/Grados decimal					Hora/Grados: minutos: segundos					RADIACIÓN SOLAR TEÓRICA (W/m²)		
	HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT		TOTAL	DIRECTA	DIFUSA
ORTO	6,59	7,16	0,00	65,03	SE	6,35'	7,09'50"	0º,00'00"	65º,01'44"	SE	0,00	0,00	0,00
	5,00					5,00'							
	6,00					6,00'							
	7,00	7,57	5,22	62,85	SE	7,00'	7,34'30"	5º,13'13"	62º,51'11"	SE	62,04	23,70	38,33
	8,00	8,57	17,43	56,38	SE	8,00'	8,34'30"	17º,25'51"	56º,22'52"	SE	267,50	179,39	88,12
	9,00	9,57	28,60	47,63	SE	9,00'	9,34'30"	28º,35'52"	47º,37'59"	SE	429,29	328,36	100,94
	10,00	10,57	38,03	35,62	SE	10,00'	10,34'30"	38º,01'52"	35º,36'58"	SE	550,79	444,61	106,19
	11,00	11,57	44,63	19,49	SE	11,00'	11,34'30"	44º,37'35"	19º,29'21"	SE	626,60	518,08	108,52
	12,00	12,57	47,05	0,00	S	12,00'	12,34'30"	47º,03'00"	0º,00'00"	S	652,38	543,19	109,20
	13,00	13,57	44,63	-19,49	SO	13,00'	13,34'30"	44º,37'35"	-19º,29'21"	SO	626,60	518,08	108,52
	14,00	14,57	38,03	-35,62	SO	14,00'	14,34'30"	38º,01'52"	-35º,36'58"	SO	550,79	444,61	106,19
	15,00	15,57	28,60	-47,63	SO	15,00'	15,34'30"	28º,35'52"	-47º,37'59"	SO	429,29	328,36	100,94
	16,00	16,57	17,43	-56,38	SO	16,00'	16,34'30"	17º,25'51"	-56º,22'52"	SO	267,50	179,39	88,12
	17,00	17,57	5,22	-62,85	SO	17,00'	17,34'30"	5º,13'13"	-62º,51'11"	SO	62,04	23,70	38,33
	18,00					18,00'							
	19,00					19,00'							
OCASO	17,41	17,99	0,00	-65,03	SO	17,24'	17,59'09"	0º,00'00"	-65º,01'44"	SO	0,00	0,00	0,00
											4524,84	3531,45	993,38
											100,0%	78,0%	22,0%

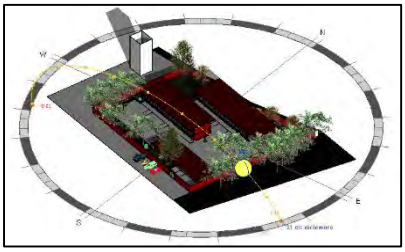
Sol en el cenit	día aproximado
Fecha 1	139,0
Fecha 2	208,0

Tabla 53. Ángulos solares en invierno (continuación)

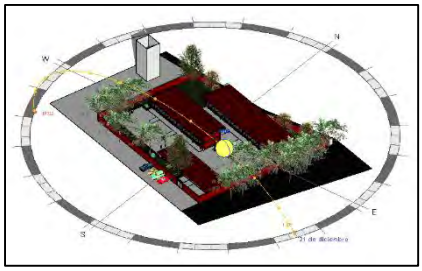


7:06 am

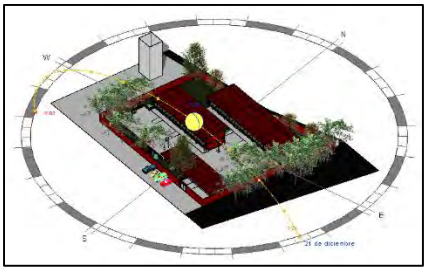
8:00 am



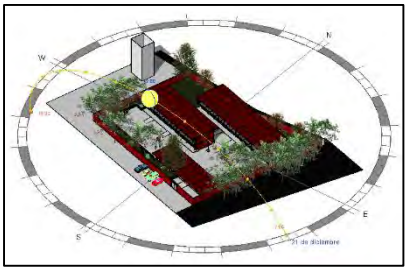
9:00 am



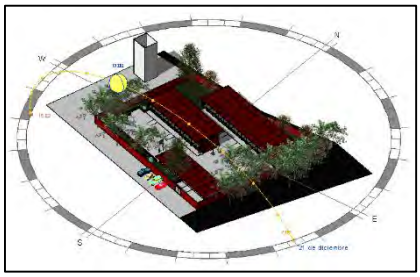
10:00 am



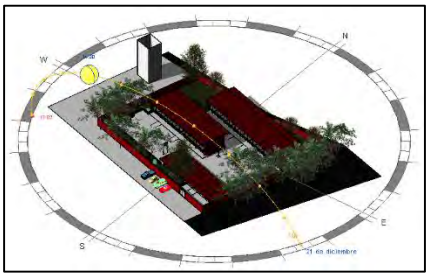
11:00 am



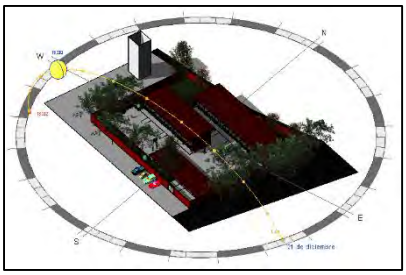
12:00 pm



1:00 pm



2:00 am



3:00 pm

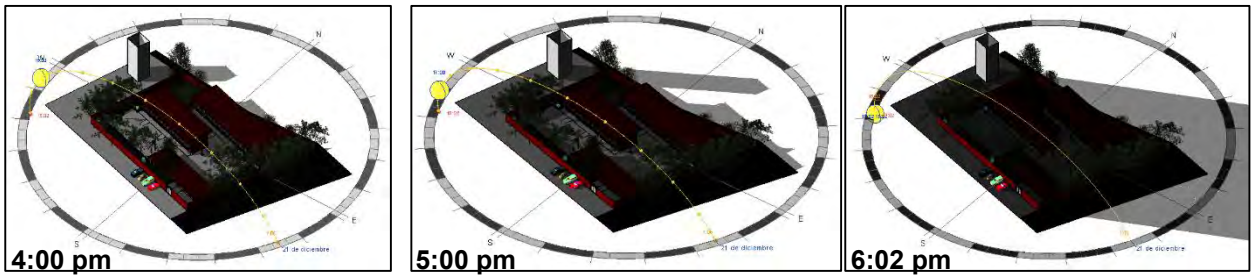


Figura 182. Recorrido horario en invierno

Como se vieron en las anteriores tablas ya con la posición exacta del astro rey por medio de sus coordenadas solares se puede resumir lo siguiente:

- En los equinoccios el día dura exactamente igual que la noche (12.00 horas) y tiene una declinación de 0º
- En el solsticio de verano el día es más largo (13.18 horas) y su declinación es de 23º45´.
- El solsticio de invierno cuenta con el día más corto (10.82 horas) con una declinación de -23º45´

Para complementar la información anterior de los ángulos solares se muestra el cálculo de la declinación solar por día y por mes (Tabla 54).

Cooper	δ= 23.45*seno((360*((n+284)/365))				δ = 23.45 * seno (0.98630137 (284 + n))							
día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	-23,01	-17,52	-8,29	4,02	14,90	22,04	23,12	17,91	7,72	-4,22	-15,36	-22,11
2	-22,93	-17,25	-7,91	4,41	15,21	22,17	23,05	17,65	7,34	-4,61	-15,67	-22,24
3	-22,84	-16,97	-7,53	4,81	15,52	22,30	22,97	17,38	6,96	-5,01	-15,96	-22,36
4	-22,75	-16,69	-7,15	5,20	15,82	22,42	22,89	17,11	6,57	-5,40	-16,26	-22,48
5	-22,65	-16,40	-6,76	5,60	16,11	22,54	22,80	16,83	6,18	-5,79	-16,55	-22,59
6	-22,54	-16,11	-6,38	5,99	16,40	22,65	22,70	16,55	5,79	-6,18	-16,83	-22,70
7	-22,42	-15,82	-5,99	6,38	16,69	22,75	22,59	16,26	5,40	-6,57	-17,11	-22,80
8	-22,30	-15,52	-5,60	6,76	16,97	22,84	22,48	15,96	5,01	-6,96	-17,38	-22,89
9	-22,17	-15,21	-5,20	7,15	17,25	22,93	22,36	15,67	4,61	-7,34	-17,65	-22,97
10	-22,04	-14,90	-4,81	7,53	17,52	23,01	22,24	15,36	4,22	-7,72	-17,91	-23,05
11	-21,90	-14,59	-4,41	7,91	17,78	23,09	22,11	15,06	3,82	-8,10	-18,17	-23,12
12	-21,75	-14,27	-4,02	8,29	18,04	23,15	21,97	14,74	3,42	-8,48	-18,42	-23,18
13	-21,60	-13,95	-3,62	8,67	18,30	23,21	21,83	14,43	3,02	-8,86	-18,67	-23,24
14	-21,44	-13,62	-3,22	9,04	18,55	23,27	21,67	14,11	2,62	-9,23	-18,91	-23,29
15	-21,27	-13,29	-2,82	9,41	18,79	23,31	21,52	13,78	2,22	-9,60	-19,15	-23,34
16	-21,10	-12,95	-2,42	9,78	19,03	23,35	21,35	13,45	1,81	-9,97	-19,38	-23,37
17	-20,92	-12,62	-2,02	10,15	19,26	23,39	21,18	13,12	1,41	-10,33	-19,60	-23,40
18	-20,73	-12,27	-1,61	10,51	19,49	23,41	21,01	12,79	1,01	-10,69	-19,82	-23,42
19	-20,54	-11,93	-1,21	10,87	19,71	23,43	20,82	12,45	0,61	-11,05	-20,03	-23,44
20	-20,34	-11,58	-0,81	11,23	19,93	23,44	20,64	12,10	0,20	-11,40	-20,24	-23,45
21	-20,14	-11,23	-0,40	11,58	20,14	23,45	20,44	11,75	-0,20	-11,75	-20,44	-23,45
22	-19,93	-10,87	0,00	11,93	20,34	23,45	20,24	11,40	-0,61	-12,10	-20,64	-23,44
23	-19,71	-10,51	0,40	12,27	20,54	23,44	20,03	11,05	-1,01	-12,45	-20,82	-23,43
24	-19,49	-10,15	0,81	12,62	20,73	23,42	19,82	10,69	-1,41	-12,79	-21,01	-23,41
25	-19,26	-9,78	1,21	12,95	20,92	23,40	19,60	10,33	-1,81	-13,12	-21,18	-23,39
26	-19,03	-9,41	1,61	13,29	21,10	23,37	19,38	9,97	-2,22	-13,45	-21,35	-23,35
27	-18,79	-9,04	2,02	13,62	21,27	23,34	19,15	9,60	-2,62	-13,78	-21,52	-23,31
28	-18,55	-8,67	2,42	13,95	21,44	23,29	18,91	9,23	-3,02	-14,11	-21,67	-23,27
29	-18,30		2,82	14,27	21,60	23,24	18,67	8,86	-3,42	-14,43	-21,83	-23,21
30	-18,04		3,22	14,59	21,75	23,18	18,42	8,48	-3,82	-14,74	-21,97	-23,15
31	-17,78		3,62		21,90		18,17	8,10		-15,06		-23,09

Tabla 54. Declinación solar anual

*Orientación y forma

El conjunto cuenta con tres bloques de edificios rectangulares distribuidos en una superficie total de 3165.21 m^2 en un terreno medianamente plano con una pendiente del 1% como se observa en la Figura

183 y; con una desviación de 16º respecto al Norte Verdadero cuenta con una orientación Nor-Noreste en su fachada larga, y en Tabla 55 se muestra de manera desglosada sus superficies.

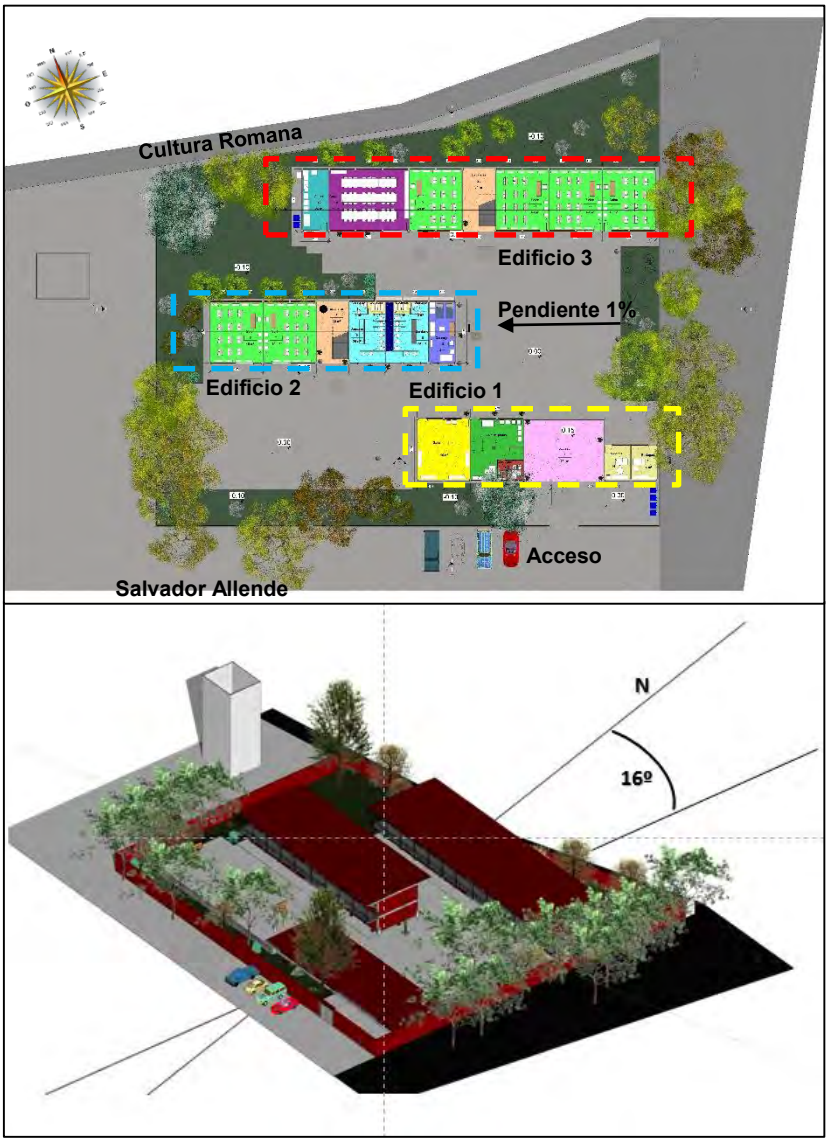
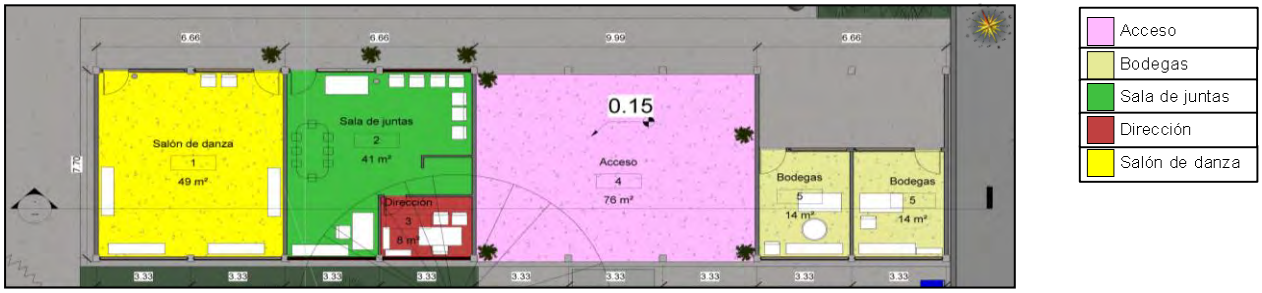


Figura 183. Orientación y forma del conjunto

CONCEPTO	SUPERFICIE (M2)
Superficie de Terreno	3165.216
Área verde	1093.709
Edificio 1	241.143
Edificio 2	635.528
Edificio 3	909.732
Explanada y canchas deportivas	1053.575
Superficie total construida:	2839.978

Tabla 55. Resumen de superficies en el proyecto

Edificio 1. Planta Arquitectónica general



Fachada principal (desde centro cívico)

Sección longitudinal

Edificio 2. Planta Baja

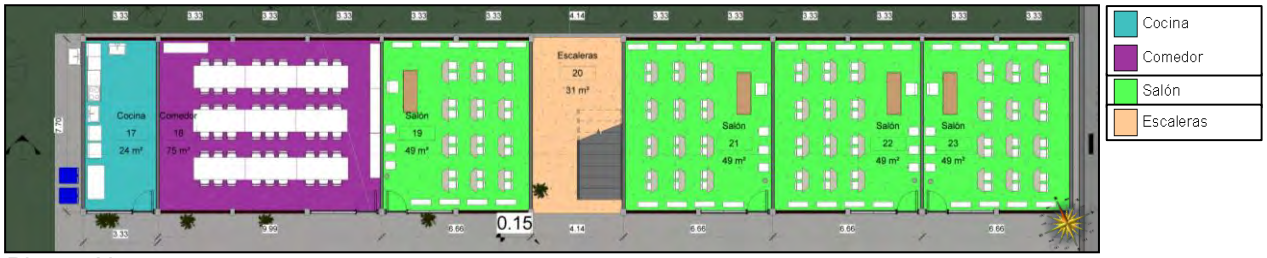
Planta Alta

Fachada Principal (desde cancha deportiva)

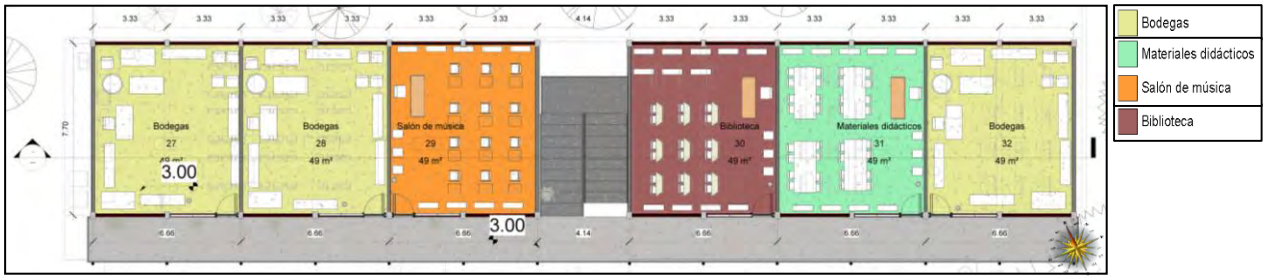
Fachada Posterior (desde edificio 3)

Sección Longitudinal

Edificio 3. Planta Baja



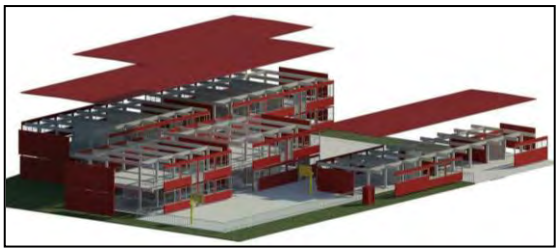
Planta Alta



Fachada Principal (desde centro cívico)

Fachada Posterior (desde calle Cultura Romana)

Sección Longitudinal



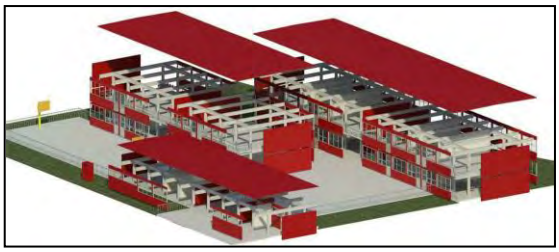


Figura 184. Plantas, cortes y fachadas del proyecto por edificio

Factores climatológicos del lugar

En este punto se parte de conocer las normales climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional; para lo cual, la estación más cercana al proyecto de estudio (2.45 km) es la No. 9025 “Hacienda la patera” en la delegación Gustavo A. Madero con datos de 1981-2010 (Tabla 56).

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: DISTRITO FEDERAL — PERIODO: 1981-2010

ESTACION: 00009025 HACIENDA LA PATERA — LATITUD: 19°30'46" N. — LONGITUD: 099°09'30" W. — ALTURA: 2,240.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	21.4	22.8	24.5	25.8	26.3	24.2	22.8	23.0	22.6	22.7	22.2	21.8	23.3
MAXIMA MENSUAL	23.9	25.4	27.3	30.1	30.4	27.9	25.6	25.8	26.1	26.6	25.4	24.5	
AÑO DE MAXIMA	1987	1988	1985	1984	1983	1983	1988	1987	1987	1988	1988	1988	
MAXIMA DIARIA	29.0	30.0	31.0	33.0	35.0	32.0	29.0	30.5	29.5	30.0	29.0	29.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	19/1982	18/1988	27/1984	21/1983	02/1983	03/1982	16/1987	08/1988	15/1987	22/1988	12/1982	23/1982	
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	11	11	10	10	10	10	11	11	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	13.0	14.2	15.7	17.2	18.3	17.3	16.5	16.6	16.3	15.5	14.1	13.5	15.7
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	11	11	10	10	10	10	11	11	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	4.6	5.6	6.9	8.6	10.3	10.4	10.3	10.2	9.9	8.3	6.0	5.2	8.0
MINIMA MENSUAL	0.3	1.0	1.1	0.8	2.0	0.9	0.8	0.6	1.0	0.0	0.1	0.0	
AÑO DE MINIMA	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	
MINIMA DIARIA	-3.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	
FECHA MINIMA DIARIA	20/1981	09/1989	06/1987	07/1990	01/1996	21/1996	01/1996	16/1996	05/1996	31/1986	10/1994	31/1983	
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	11	11	10	10	10	10	11	11	
PRECIPITACION													
NORMAL	4.5	4.6	5.1	21.7	36.9	97.5	104.4	81.6	66.0	23.8	2.6	4.9	453.6
MAXIMA MENSUAL	22.0	24.0	23.0	82.0	97.0	259.1	193.5	139.5	134.0	75.0	14.0	23.0	
AÑO DE MAXIMA	1981	1982	1982	1981	1982	1986	1983	1983	1984	1981	1983	1987	
MAXIMA DIARIA	21.0	11.0	13.5	40.0	25.0	39.0	31.0	35.0	42.0	20.0	7.0	15.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	17/1981	26/1982	26/1982	25/1996	19/1982	20/1982	16/1982	22/1983	04/1988	12/1981	06/1983	01/1984	
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	12	11	10	10	10	10	11	11	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL													
AÑOS CON DATOS													
NUMERO DE DIAS CON													
LLUVIA	1.1	1.8	1.7	4.5	7.8	12.5	15.5	12.2	8.5	4.9	1.5	1.4	73.4
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	12	11	10	10	10	10	11	11	
NIEBLA	2.1	1.2	0.2	0.6	0.2	1.6	2.1	1.7	0.9	1.5	1.1	3.2	16.4
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	12	11	10	10	10	10	11	11	
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	12	11	10	10	10	10	11	11	
TORMENTA E.	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.9	0.4	1.0	2.0	0.8	1.5	7.8
AÑOS CON DATOS	11	12	12	12	12	11	10	10	10	10	11	11	

Tabla 56. Normales climatológicas más cercanas al proyecto (SMN.CONAGUA)

En base al análisis bioclimático hecho tomando como referencia los datos de la tabla del SMN se llega a la conclusión en el los factores climatológicos al tema que nos compete; la iluminación:

1) Irradiación solar

		RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA TOTAL																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	645	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,1	225,6	388,7	524,5	613,9	645,0	613,9	524,5	388,7	225,6	63,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Febrero	748	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	109,5	293,6	472,3	619,0	714,7	748,0	714,7	619,0	472,3	293,6	109,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Marzo	797	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	157,4	346,9	525,8	670,6	764,5	797,0	764,5	670,6	525,8	346,9	157,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	750	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,3	186,8	357,5	515,0	641,0	722,0	750,0	722,0	641,0	515,0	357,5	186,8	30,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mayo	718	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,6	205,9	363,4	506,7	620,2	693,0	718,0	693,0	620,2	506,7	363,4	205,9	55,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Junio	632	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,3	191,2	327,6	450,9	548,3	610,6	632,0	610,6	548,3	450,9	327,6	191,2	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julio	617	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,6	178,7	313,7	436,3	533,4	595,6	617,0	595,6	533,4	436,3	313,7	178,7	49,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	636	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8	160,6	304,9	437,9	544,1	612,4	636,0	612,4	544,1	437,9	304,9	160,6	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Septiembre	637	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	128,8	279,7	421,8	536,8	611,2	637,0	611,2	536,8	421,8	279,7	128,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octubre	628	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,3	247,6	397,3	520,0	600,2	628,0	600,2	520,0	397,3	247,6	93,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Noviembre	610	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,8	214,4	368,3	496,3	580,6	610,0	580,6	496,3	368,3	214,4	60,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diciembre	571	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	189,5	337,1	460,8	542,5	571,0	542,5	460,8	337,1	189,5	44,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 57. Irradiación solar en el proyecto

Como se observa en la tabla 54, contamos con diez meses con alta radiación solar, lo que representa un 83% del total y con un 17%, solo dos meses con baja radiación solar, siendo este noviembre y diciembre (Figura 185).

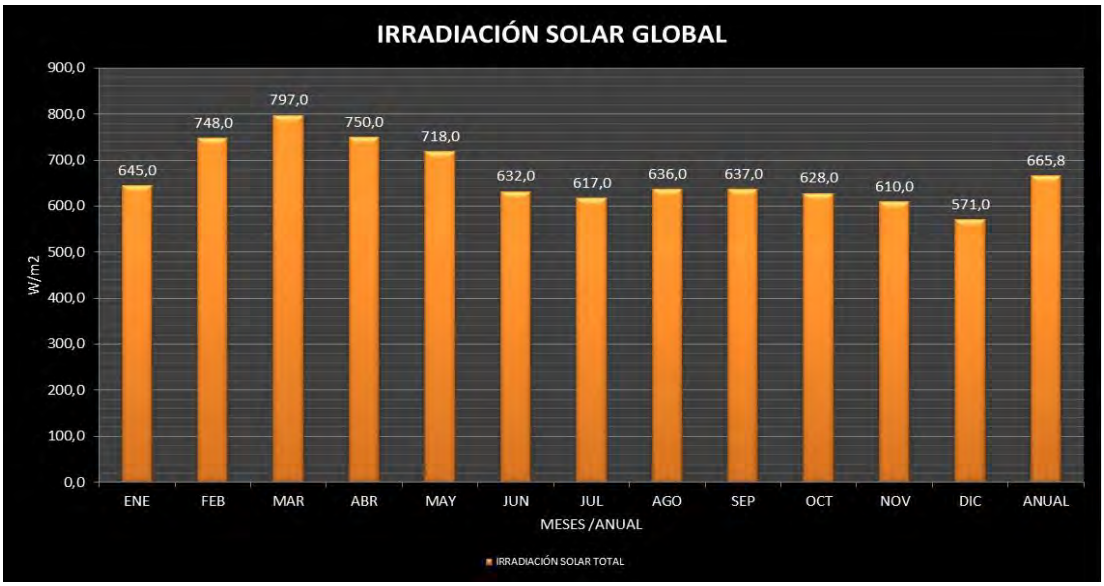


Figura 185. Irradiación solar en el proyecto

2) Insolación solar

El caso de estudio cuenta con condiciones climatológicas muy favorables en cuanto a insolación se refiere, ya que, los meses con lo cual se posee una mayor cantidad de horas de insolación son los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo con valores superiores a los 230 como se observa en la Figura 186.

Figura 186. Insolación solar en el proyecto

3) Nubosidad

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS		UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NUBOSIDAD	DIAS DESPEJADOS	Días	19	14,00	13,40	13,44	8,72	6,10	2,26	0,60	0,53	1,17	5,40	8,70	9,96	84,28
	DIAS MEDIO NUBLADOS	Días	19	11,14	10,36	12,37	15,62	15,65	10,80	9,33	11,53	9,26	10,96	13,83	13,43	144,28
	DIAS NUBLADO/CERRADO	Días	0	5,53	4,33	4,72	5,13	8,55	16,16	20,26	18,16	18,50	13,53	6,90	7,16	128,93

	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365,0
NUBOSIDAD														
Despejados	%	45,16%	47,86%	43,35%	29,07%	19,68%	7,53%	1,94%	1,71%	3,90%	17,42%	29,00%	32,13%	23,23%
Medio Nublado	%	35,94%	37,00%	39,90%	52,07%	50,48%	36,00%	30,10%	37,19%	30,87%	35,35%	46,10%	43,32%	39,53%
Nublado o cerrado	%	17,84%	15,46%	15,23%	17,10%	27,58%	53,87%	65,35%	58,58%	61,67%	43,65%	23,00%	23,10%	35,20%
Despejados + Medio nublados	%	81,10%	84,86%	83,26%	81,13%	70,16%	43,53%	32,03%	38,90%	34,77%	52,77%	75,10%	75,45%	62,76%
Medio Nublado + Nublados	%	53,77%	52,46%	55,13%	69,17%	78,06%	89,87%	95,45%	95,77%	92,53%	79,00%	69,10%	66,42%	74,73%
Despejados + Medio nublados /2	días	19,6	18,6	19,6	16,5	13,9	7,7	5,3	6,3	5,8	10,9	15,6	16,7	156,4
Nublados + Medio nublados /2	días	11,1	9,5	10,9	12,9	16,4	21,6	24,9	23,9	23,1	19,0	13,8	13,9	201,1

Tabla 58. Nubosidad en el proyecto

Todos los meses integran cielos despejados, medio nublados y cerrados en su análisis; sin embargo, los meses con cielos predominantemente despejados son los correspondientes a los de invierno, siendo estos; enero, febrero y marzo. Los que presentan una alta nubosidad (cielos cerrados) corresponden a los meses de Verano y Otoño: junio, julio, agosto, septiembre y octubre, en cuanto a los cielos medio nublados más difíciles de predecir por sus características se le puede catalogar dentro de abril, mayo, noviembre y diciembre (Figura 187).

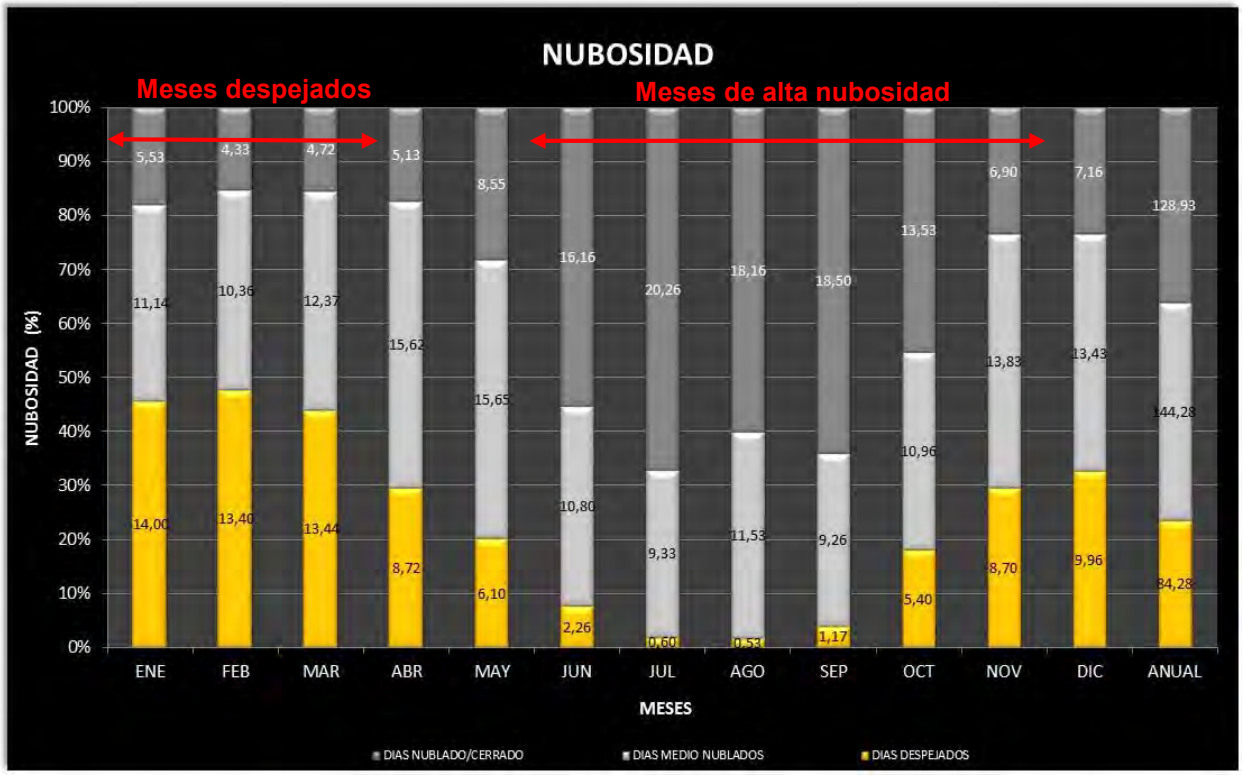


Figura 187. Nubosidad en el proyecto

7.2.2.3 OBSTRUCCIONES

Las obstrucciones de este proyecto de estudio están catalogadas de la siguiente forma: **naturales (arboles), artificiales (elemento de tanque elevado contiguos en determinadas horas y épocas del año y elementos constructivos propios de la arquitectura como bardas circundantes)**, la Figura 188 muestra la distribución de las áreas verdes dentro del conjunto.

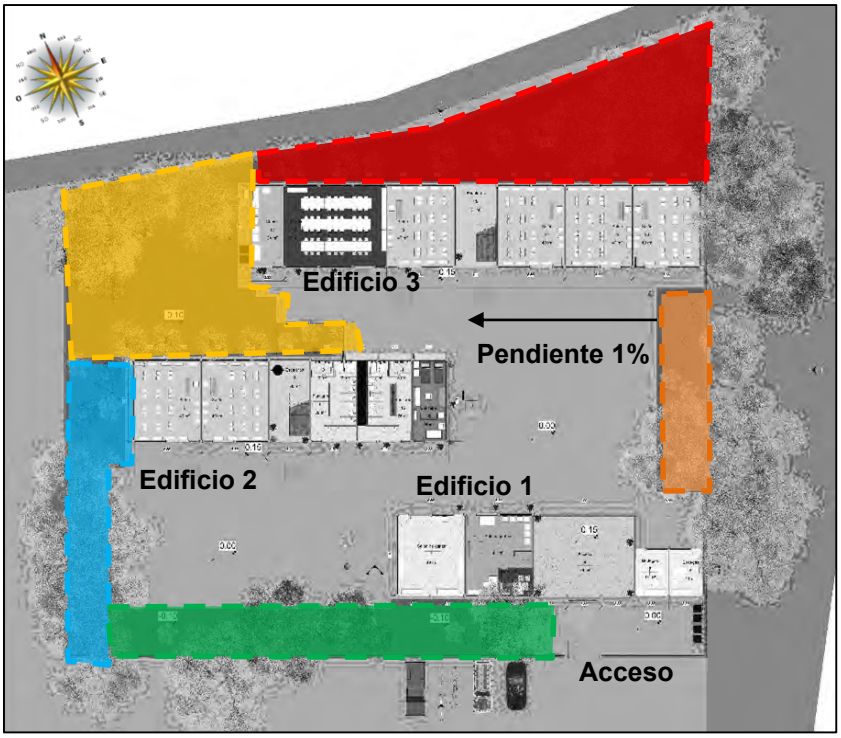
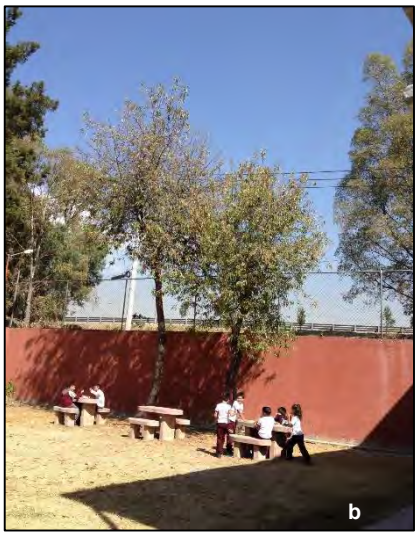


Figura 188. Áreas verdes del proyecto

Como se vio en el capítulo anterior la pendiente misma donde se emplaza la obra puede ser una obstrucción de manera determinante, sin embargo, el terreno cuenta con una pendiente mínima del 1% por lo que este aspecto natural es descartado.

En la Figura 189, muestra lo siguiente: Al oeste del edificio tres colinda un área de esparcimiento, compuesta de 5 grupos de mesas con bancas de concreto. Consta con árboles de alturas significativas: 1 árbol tipo confiteras de 15 m. de alto de la copa y 8.30 m del suelo a la base de la copa (a), 2 árboles caducifolios de 5 metros de alto de la copa y 8 metros del suelo a la base de la copa, que, aunque siendo obstrucciones muy altas y sobresalientes no influyen de manera directa con los espacios (b). Los que significan un grado a considerar de obstrucción lumínica son cuatro árboles de la especie ficus de 1 metro del suelo a la base de la copa y 1.50 de altura de la copa (c).



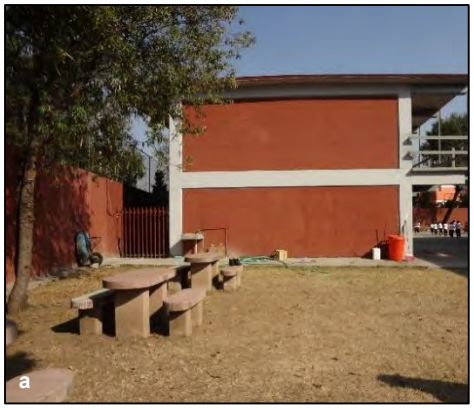


Figura 189. Áreas verdes del proyecto

En el extremo este del conjunto existen varias plantas de ornato y rosales no mayores a 1 metro de altura (Figura 190), solo 4 árboles de imponente tamaño de 10 metros de copa y 12 metros del suelo a la base de la copa que dan a la cancha de juegos y que afectan a los salones de PB y PA del edificio 2 por las tardes (Figura 191).

Figura 190. Áreas verdes del proyecto

Figura 191. Áreas verdes del proyecto

En la parte lateral del centro cívico existen varios árboles pero solo dos de ellos poseen un tamaño a considerar en el análisis, uno permanentemente pegado al edificio 3 (Figura 192) teniendo 2 metros de altura de copa y 3 m del suelo a la base de la copa; el mayor de 12 metros de altura de la copa y 8 metros del suelo a su base que no afecta a ningún espacio (Figura 193).

Figura 192. Áreas verdes en centro cívico

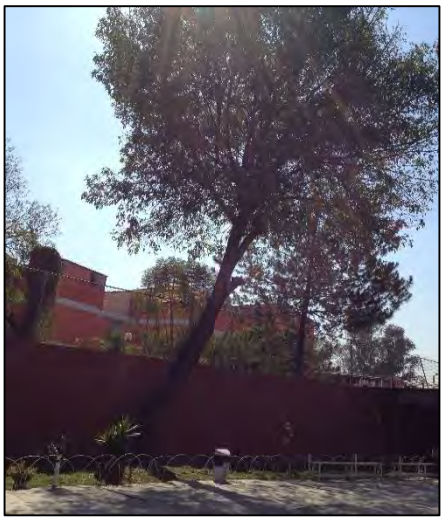


Figura 193. Áreas verdes en centro cívico 2

La fachada norte del edificio 3 se encuentra rodeada por un área verde con 10 árboles con una altura entre 1 y 2 metros a la copa y de 1.00 a la base de la copa desde el suelo; además de contar con 1 árbol de 10 metros de altura a considerar pues están enseguida del salón de 6to año, tipo caducifolio siendo una obstrucción significativa para este espacio, tanto planta baja como alta (Figura 194).

Figura 194. Áreas verdes parte norte

La parte sur del conjunto posee varias plantas de ornato no mayores a 50 cm. de altura y dos árboles contiguos a la cancha de juegos (Figura 195) con una altura de la copa de 8 metros de altura y 6 del suelo a la base de la copa sin algún efecto en los espacios. El mayor respecto a este grupo de tipo conífera cuenta con una copa de 10 metros de altura y 7 del suelo a la base (Figura 196) por lo que no representa una obstrucción predominante a la parte sur del edificio 1.

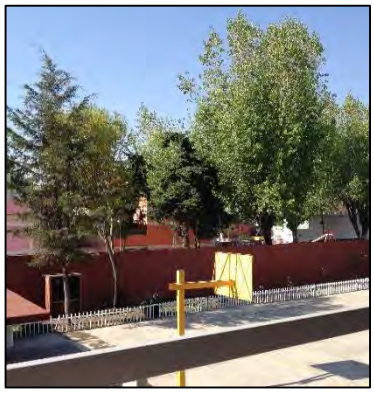


Figura 195. Áreas verdes en parte sur

Figura 196. Áreas verdes en edificio 1

Existen árboles de gran altura fuera del predio sobre la avenida Península de York con una altura promedio de 15 m (Figura 197) y en la calle principal de salvador allende (Figura 198).

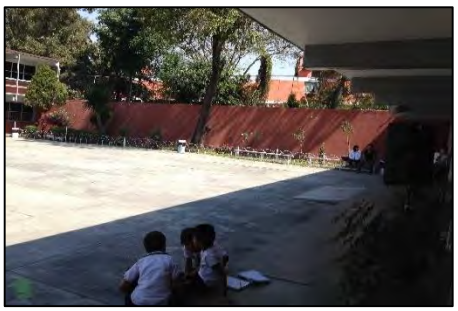


Figura 197. Áreas verdes circundantes

Figura 198. Áreas verdes circundantes 2

En cuanto a los elementos artificiales predominantes en el proyecto de estudio se encuentran las bardas que limitan el terreno del predio separadas a 1.5 m del edificio 1 a considerar su altura y sus propiedades ópticas (Figura 199 Y 200).

Figura 199. Obstrucciones artificiales

Figura 200. Obstrucciones artificiales colindancias

7.2.3 DE MANERA PARTICULAR. EL USUARIO

Figura 201. El usuario

La Escuela de Tiempo Completo "Ricardo Flores Magón" cuenta con 6 grupos con capacidad máxima de 30 alumnos, siendo 1 grupo por grado como se observa en la Tabla 59 y Figura 202.

Personal	No. De empleados	Edad (Rangos)
Profesores	13	22-65
Intendentes	6	30-40
Cocina y alimentación	3	30-40
Administración (dirección)	1	55
Total	**23**	

Tabla 59. Resumen del personal

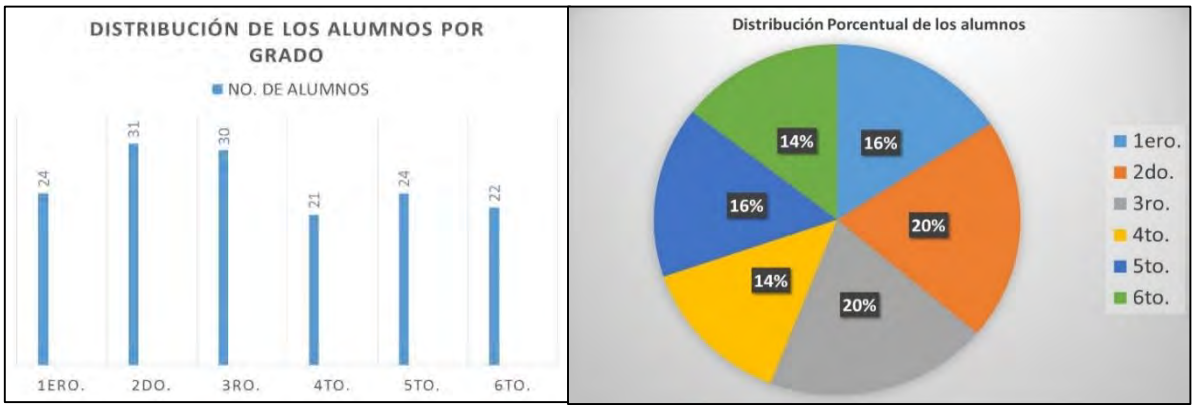


Figura 202. Distribución de los alumnos

En cuanto al cuerpo académico lo integran 10 profesores oficiales y 3 por parte del municipio (Ingles, computación y educación física), el personal intendente lo configura 1 oficial, 1 municipal y 3 más por parte de padres de familia (encargados de la cocina y alimentación), la conserje con su núcleo familiar de 4 personas y los aspectos administrativos son dirigidos solamente por 1 directora como se observa en la Figura 203.

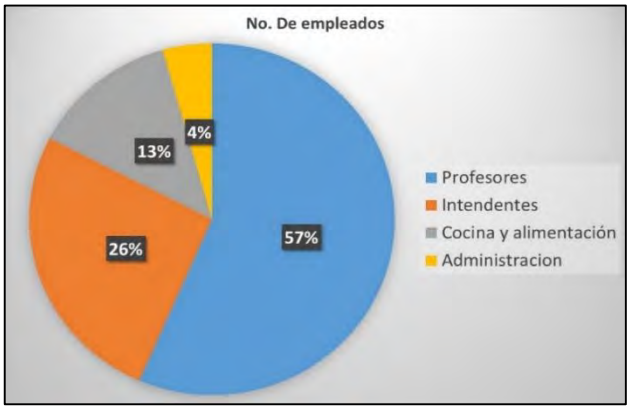


Figura 203. Personal que labora en la escuela

Las Escuelas de Tiempo Completo poseen ese nombre ya que se posee un solo turno, de lunes a viernes de 8: OO AM a 4:00 PM en donde se les da de desayunar y comer a los alumnos. Teniendo en cuenta el personal que labora dentro de esta institución de nivel básico es importante determinar los horarios que estos poseen, a fin de determinar los espacios que requieren y las condiciones lumínicas que necesitan de acuerdo al tipo de actividad como se observa en la Tabla 60:

HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VEIRNES
8-8:30	DESAYUNO	DESAYUNO	DESAYUNO	DESAYUNO	DESAYUNO
8:30-9:30	HONORES	EDUC. FISICA 4TO.			
9:30-10:30		EDUC. FISICA 1RO.			
10:30-11:00	RECREO	RECREO	RECREO	RECREO	RECREO
11:00-12:00		EDUC. FISICA 2DO.	EDUC. FISICA 2DO.	EDUC. FISICA 1RO.	
11:30-12:30	EDUC. FISICA 5TO.				DANZA 1RO. INFORMATICA 2DO.
12-13:00	INFORMATICA 4TO.	EDUC. FISICA 3RO.	INFORMATICA 1RO. DANZA 3RO. EDUC. FISICA 4TO	INFORMATICA 4TO. EDUC. FISICA 3RO.	INGLES 3RO.
12:30-13:30	DANZA 6TO MUSICA Y TEATRO 2DO.	MUSICA Y TEATRO 6TO. INFORMATICA 2DO.	MUSICA Y TEATRO 6TO.	MUSICA Y TEATRO 5TO. EDUC. FISICA 3RO.	INFORMATICA 5TO.
13:00-14:00	COMIDA	COMIDA	COMIDA	COMIDA	COMIDA
14:00-14:15	ASEO BUCAL	ASEO BUCAL	ASEO BUCAL	ASEO BUCAL	ASEO BUCAL
14:15-15:10	INGLES 6TO. MUSICA Y TEATRO 4TO. INFORMATICA 1RO. INGLES 3RO. DANZA 2DO.	INFORMATICA 6TO. MUSICA Y TEATRO 3RO. INGLES 4TO. INGLES 1RO. DANZA 5TO.	INFORMATICA 3RO. MUSICA Y TEATRO 4TO. EDUCACION FISICA 6TO INGLES 5TO. DANZA 2DO. INGLES 1RO.	INFORMATICA 6TO. MUSICA Y TEATRO 3RO. DANZA 4TO. INGLES 1RO. INGLES 5TO.	INFORMATICA 3RO. INGLES 4TO. DANZA 5TO.
15:10-16:00	MUSICA Y TEATRO 1RO. INGLES 2DO. INGLES 5TO.	DANZA 4TO. INGLES 6TO. MUSICA Y TEATRO 5TO. INGLES 2DO.	MUSICA Y TEATRO 2DO. INGLES 3RO. INGLES 4TO. EDUC. FISICA 5TO. DANZA 1RO.	INGLES 2DO. MUSICA Y TEATRO 1RO. DANZA 3RO. INGLES 6TO. INFORMATICA 5TO.	EDUCACION FISICA 6TO. CORO ESCOLAR GRUPO DE DANZA

Tabla 60. Horario semanal de las clases

La visión juega un papel muy importante en la interpretación del mundo en los niños. La comunicación visual es la forma más importante de interacción con el entorno.

En el año de 1985-1986 se realizó un estudio para determinar la agudeza visual en escolares en el municipio de Naucalpan, Edo. De México en 23 escuelas de educación básica, utilizando la cartilla de Snellen que llevó por nombre: *"Agudeza visual en escolares del municipio de Naucalpan / Visual acuity in school children from the Naucalpan Municipality*" por Baruch Cano, Angel; Menéndez González, José A; Jaime Calderón, Manuel E; Martínez Ruiz, René y Gutiérrez Escudero, M. Rosa María.

Se examinaron 15,702 escolares entre seis y 13 años (divididos en cuatro grupos de edades). Se tomó agudeza visual normal la de 20/20 pies y a partir de 20/25 hasta 20/200 como ametropía. De los 15,702 escolares se detectaron 1,890 niños (12.03 por ciento) con baja agudeza visual; 926 fueron hombres y 964 mujeres. Del total, el 98 por ciento presentaron afectación en ambos ojos. Se detectó un mayor número de afectados en edades tempranas (6-7 años); en las escalas 20/25 y 20/30, disminuye el porcentaje a mayores edades; sin embargo, aumenta en estos últimos el grado de ametropía o baja agudeza visual. Por lo tanto, es necesario que la arquitectura se diseñe para el confort integral del usuario, es necesario recalcar que el entorno en donde se estudia afecta de manera drástica la capacidad visual de los niños por todos aquellos factores mencionados anteriormente y por lo tanto es necesario considerar las características propias del usuario

Recordemos que la agudeza visual de un sujeto se ve determinado por cuatro grupos:

1) **Factores del estímulo:** Nivel de luminancia, contraste, duración del estímulo o tiempo de exposición y distribución espectral de la luz.
2) **Factores ópticos:** Desenfoque, pupila y estado de acomodación.
3) **Factores neutrales:** Mosaico de receptores, estado de adaptación y localización del estímulo.
4) **Factores subjetivos:** Edad del sujeto (Figura 204).

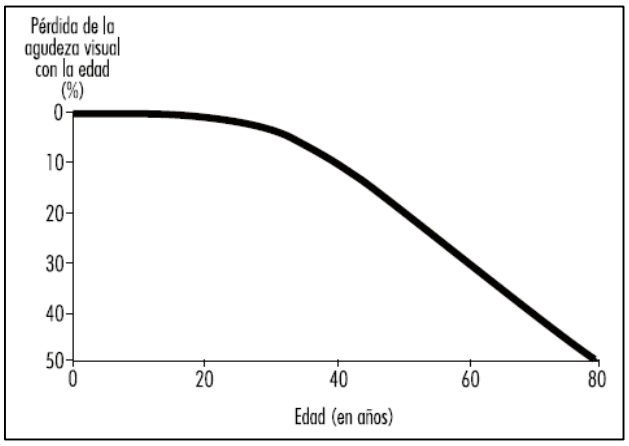


Figura 204. Decremento de la agudeza visual respecto a la edad (Calleja, 2000)

7.2.4 DE MANERA PARTICULAR. EL ESPACIO

Figura 205. El espacio

Es necesario recalcar que esta fase tiene el objetivo particular de seguir el capítulo anterior y tener un panorama general de los factores que intervienen en las condiciones lumínicas como diagnóstico de la situación actual en las que actualmente se encuentra el conjunto y un espacio en específico de la **Escuela de Tiempo Completo**, enfocándose en el *salón de clases de 4to año* del edificio tres indicado en la planta de conjunto (Figura 206).

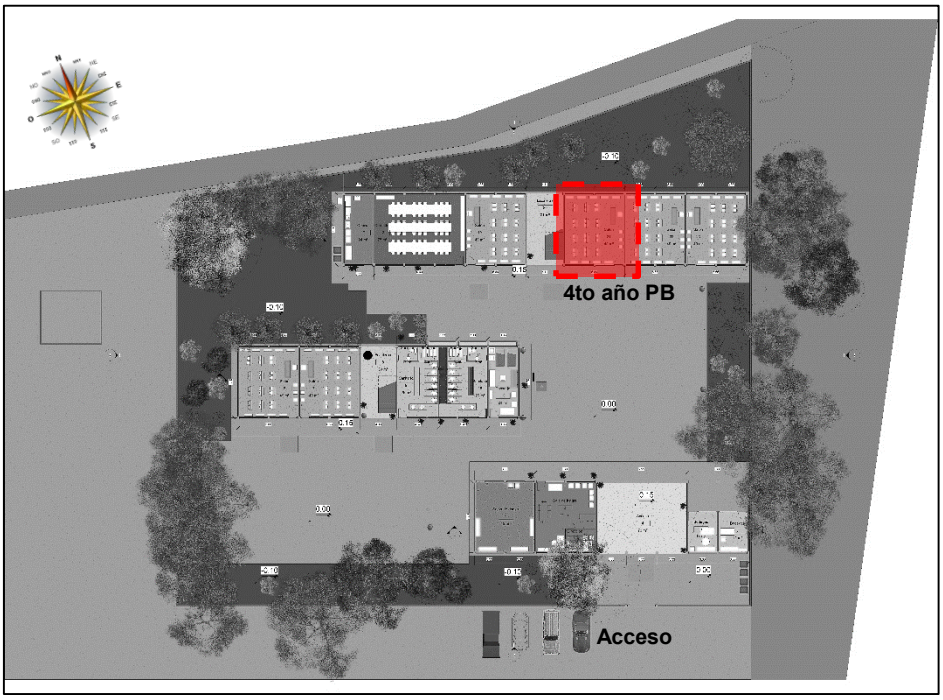


Figura 206. Espacio de estudio en particular

7.2.4.1 ORIENTACIÓN

Todos los edificios comparten la misma orientación, fachada larga orientada **al Nor-Noreste**, por lo tanto el espacio de estudio comparte las mismas características dentro del predio (Figura 207)

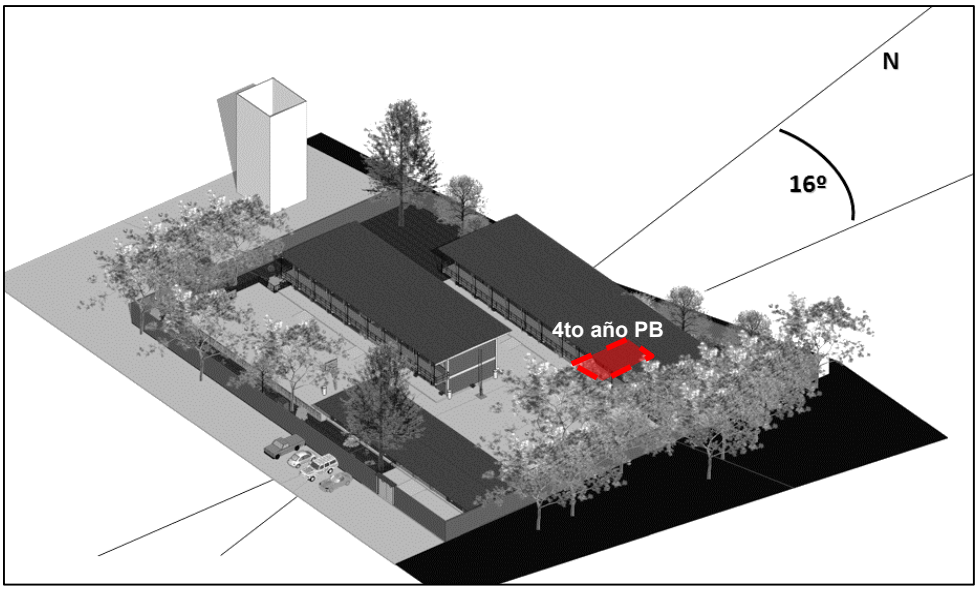


Figura 207. Orientación del **e**spacio de estudio

7.2.4.2 AUTONOMÍA Y RELACIÓN CON ESPACIOS COLINDANTES

El salón de 4to año al Este colinda con el salón de 5to año, al Oeste con las escaleras distribuidoras, al Norte con Área verde (pequeños arbustos de 10 cms. de altura) y el muro de colindancias y al Sur con el Centro cívico (Figura 208).

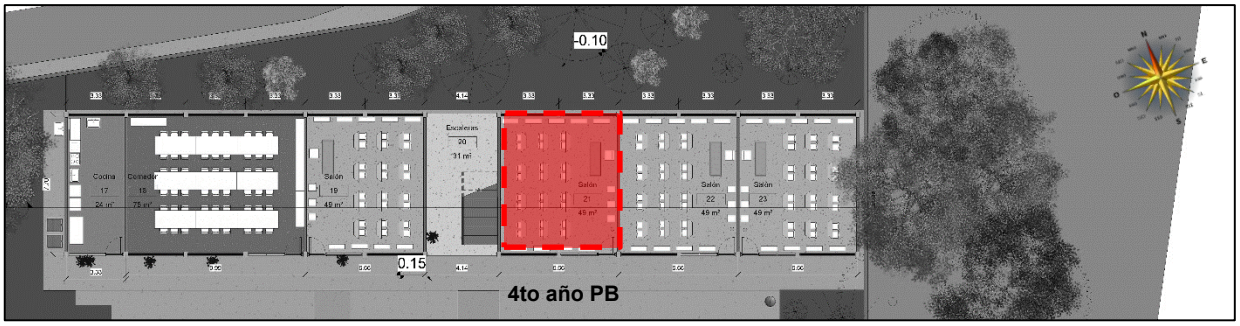


Figura 208. Colindancias del **e**spacio de estudio

7.2.4.3 TAMAÑO. PROPORCIONES, ALTURAS CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD

Es necesario aclarar que las dimensiones y descripciones geométricas (modulación y altura en base a la estructura) de todos los espacios dentro de la escuela es exactamente la misma.

El salón de clases de 4to año al igual que los seis restantes para cada grado, están constituidos por dos **módulos tipo de 3.33 m * 7.70 m (medidos a los ejes de las columnas) (Figura 209), la altura del nivel de piso terminado al lecho bajo de la losa es de 3.00 m, del piso terminado al lecho bajo de trabe es de 2.60 m., es decir, el dintel de puertas y ventanas (0.40 m) lo define la altura del lecho bajo de las trabes, además de tener un volado de 2 m por ser de Planta Baja.**

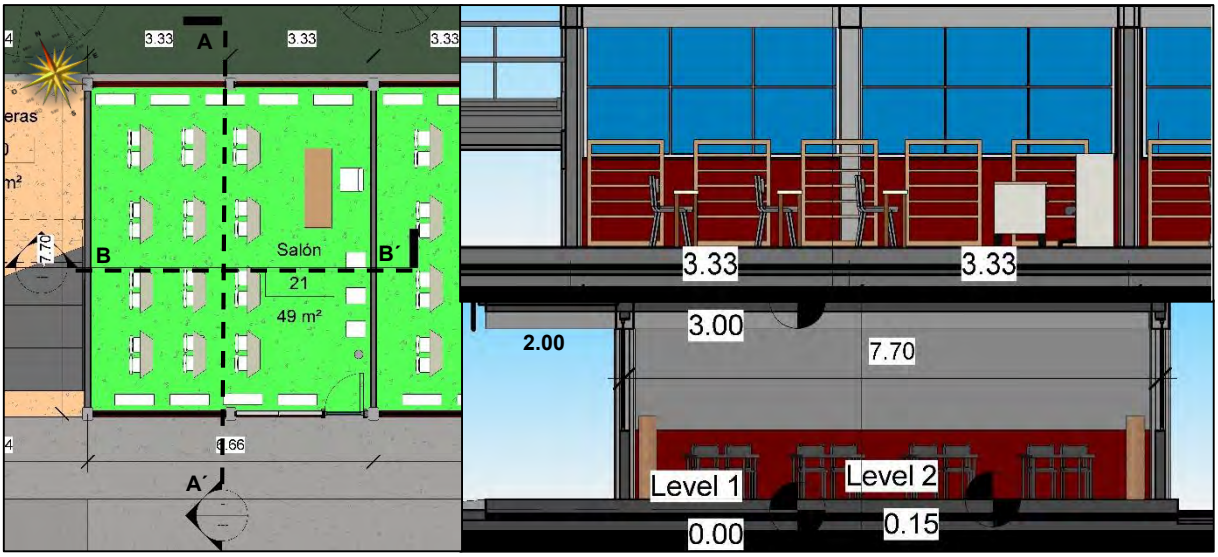
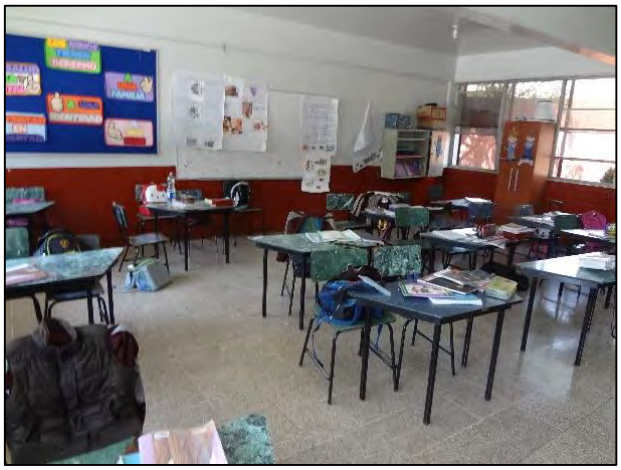
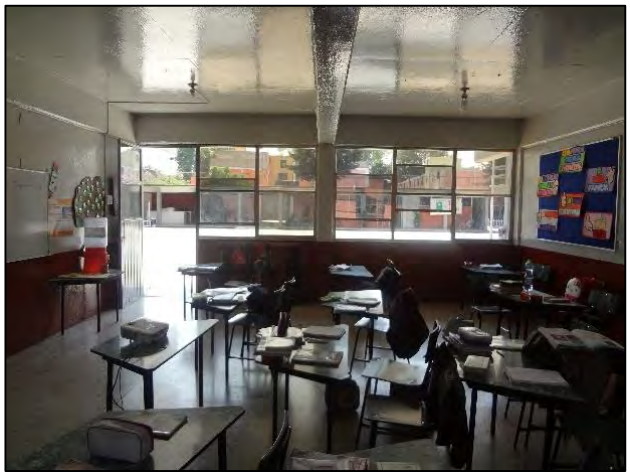
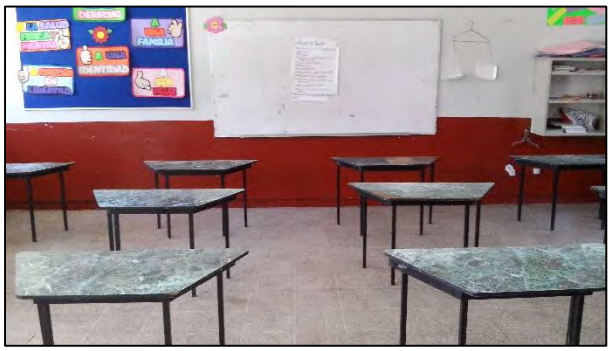


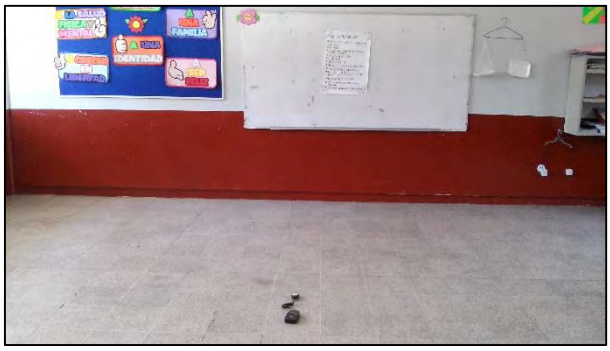
Figura 209. Dimensiones del espacio de estudio

Registro fotográfico:







7.2.4.4 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL

Todos los espacios del proyecto en su conjunto cuentan con iluminación ***bilateral*, es decir, la luz llega desde dos aberturas ubicadas en los muros laterales con orientación Nor-Noreste y Sur-Suroeste** (Figura 210) y más adelante se describirán todas aquellas propiedades de las ventanas. Existe iluminación artificial de manera general por medio de la instalación eléctrica con lámparas fluorescentes compactas de 250w (Figura 211) marcadas por puntos en las plantas

Salón de clases 4to año

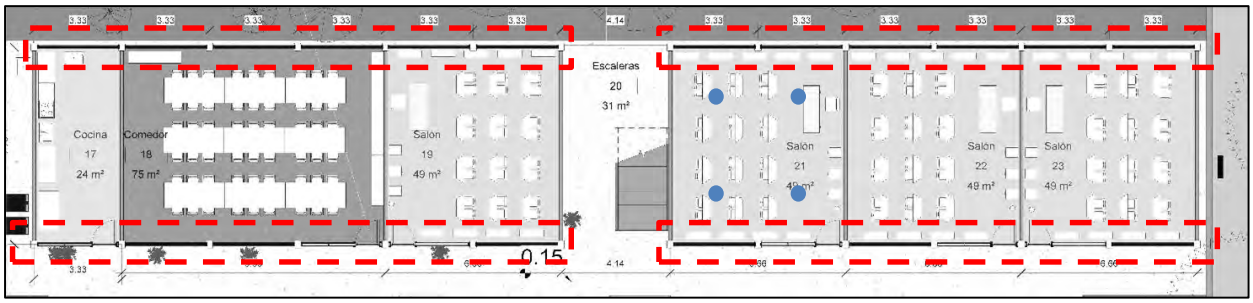


Figura 210. Sistemas bilaterales en el caso de estudio

Figura 211. Iluminación artificial en el caso de estudio

La instalación eléctrica está realizada de manera general uniforme siguiendo el mismo tendido de los circuitos por todos los edificios, sin embargo, de acuerdo a la altura del nivel de piso terminado al lecho bajo de la losa (2.90 m) la iluminación resulta ineficiente por el tipo de lámpara que está instalada y aun así, se encuentran prendidas durante toda la jornada laboral y eso que se compraron por ser ahorradoras (Figura 212).

Figura 212. Sistemas de iluminación en el caso de estudio

7.2.4.5 MATERIALES Y ACABADOS

**Estructura*

Como una escuela típica del **INIFED (antes CAPFCE)** la estructura de todo el conjunto es a base de marcos rígidos (columnas y trabes) y losas de concreto armado (Figura 213).

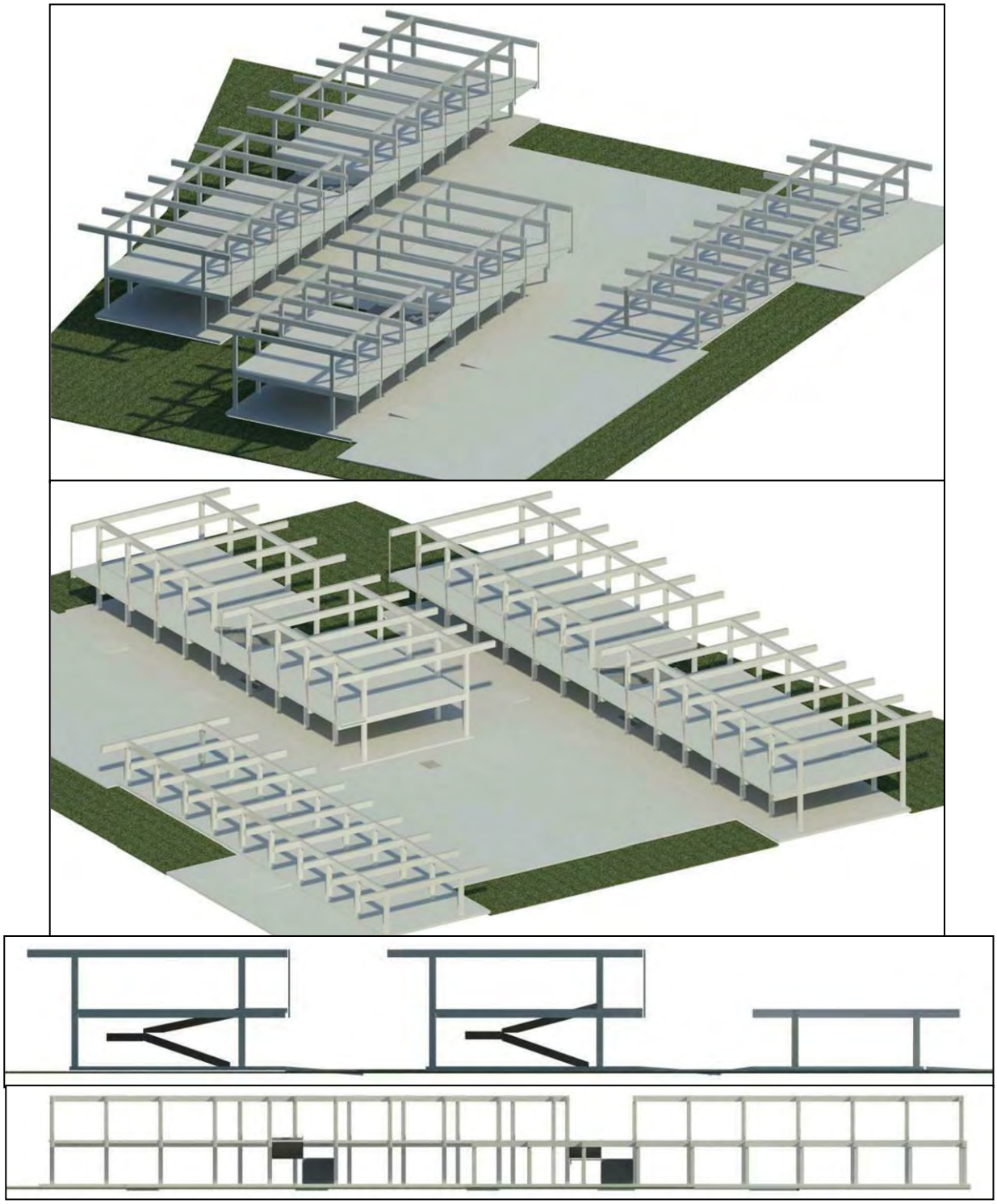


Figura 213. Sistema estructural de la escuela

- Columnas de concreto armado de 25x30 cm con esquinas tipo chaflán y acabado en esmalte de aceite color gris naval.
- Trabes de concreto armado de 25x40 cm con esquinas tipo chaflán y acabado en esmalte de aceite color gris naval.
- Losas de 10 cm. de espesor, con recubrimiento superior a base membrana impermeabilizante de 3mm., color terracota (Figura 214).

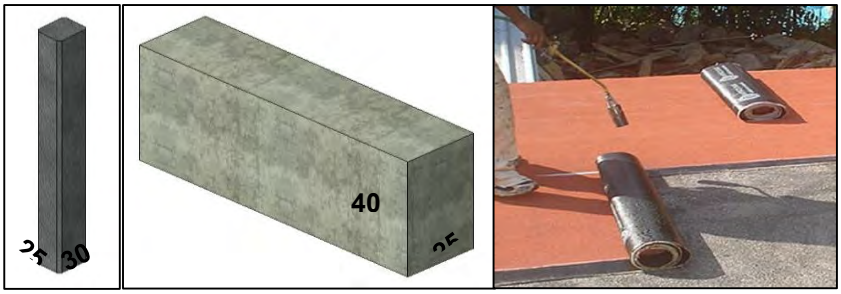


Figura 214. Sistemas estructurales de la escuela

**Pisos exteriores*

Pisos de concreto armado con acabado antiderrapante rastrillado color aparente en centro cívico y cancha deportiva (Figura 215)

Figura 215. Pisos exteriores

**Muros exteriores*

Muros a base de tabique rojo recocido común de 14 cm. de espesor con aplanado fino de mortero cemento-arena con acabado en esmalte a base agua color terracota (Figura 216).

Figura 216. Muros exteriores

Para determinar la reflectancia de todos aquellos elementos constructivos del espacio de estudio se determinó por medio de un luxómetro digital (Figura 217) como vimos en el marco teórico valores de luz incidente y luz reflejada en 3 puntos de la superficie y sacando un promedio general expresado en porcentaje de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

Dónde:

R es la Reflectancia en %

I es el flujo luminoso reflejado

I_0 es el flujo luminoso incidente

Figura 217. Luxómetro digital

- *Muros*

Muros con aplanado fino de mortero cemento-arena con acabado en esmalte base aceite color terracota del Nivel de piso terminado al límite inferior de las ventanas (1.00 m) y el resto en pintura de aceite color gris naval (Tabla 61) (Figuras 218).

TIPO	APLANADO FINO+PINTURA GRIS			
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	151	107	70,86	69,46
2	131	99	75,57	
3	155	96	61,94	
TIPO	APLANADO+PINTURA ROJA			
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	465	122	26,24	39,85
2	413	181	43,83	
3	386	191	49,48	

Tabla 61. Reflectancias de muros

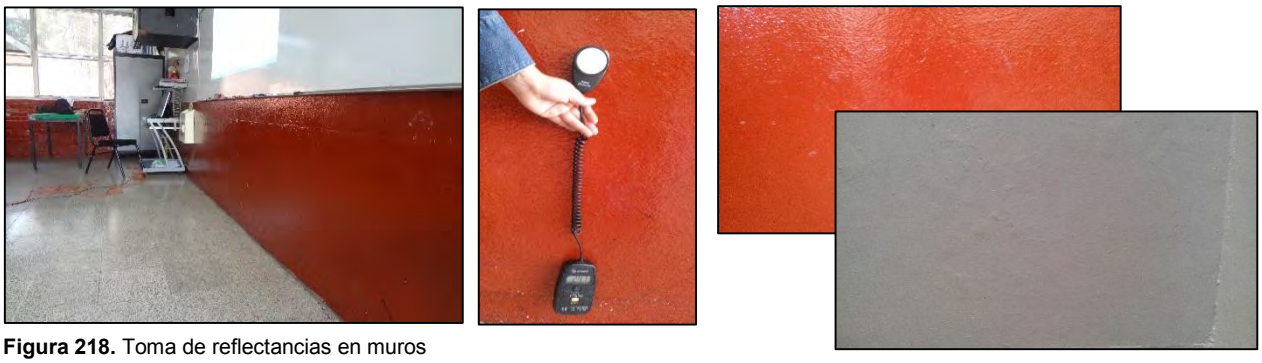


Figura 218. Toma de reflectancias en muros

- *Plafón*

Losa de concreto armado con aplanado fino de mortero cemento-arena con acabado en esmalte base aceite color gris naval en la parte interior mientras que el volado de la parte exterior está constituido de aplanado fino con pintura blanca (Tabla 62) (Figuras 219).

TIPO	APLANADO FINO+PINTURA GRIS		INTERIOR	
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	208	137	65,87	68,00
2	193	159	82,38	
3	269	150	55,76	
TIPO	APLANADO FINO+PINTURA BLANCA		EXTERIOR	
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	7630	4172	54,68	56,08
2	7959	4259	53,51	
3	6960	4179	60,04	

Tabla 62. Reflectancias de plafón

Figura 219. Toma de reflectancias en plafón

- *Piso*

Piso cerámico de granito satinado color café de 30x30 cm, (Tabla 63) (Figuras 220).

TIPO	GRANITO SATINADO CAFÉ			
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	275	81	29,45	27,16
2	360	94	26,11	
3	274	72	26,28	
4	224	60	26,79	

Tabla 63. Reflectancias de piso

Figura 220. Toma de reflectancias en piso

- *Puerta*

Puerta de metal en acabado en esmalte base aceite color gris naval (Tabla 64) (Figuras 221).

TIPO	METAL+PINTURA GRIS		INTERIOR	
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	210	137	65,24	67,11
2	199	159	79,90	
3	267	150	56,18	

Tabla 64. Reflectancias de puerta

Figura 221. Toma de reflectancias en puerta

- *Plano de trabajo*

Las mesas están a base de madera aglomerada con acabado en formica en verde tipo mármol (Tabla 65) (Figuras 222).

TIPO	MESAS VERDES			
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE (LUX)	REFLEJADA (LUX)	REFLECTANCIA %	PROMEDIO %
1	150	65	43,33	34,58
2	151	49	32,45	
3	161	45	27,95	

Tabla 65. Reflectancias de plano de trabajo

Figura 222. Toma de reflectancias en plano de trabajo

En resumen las reflectancias de los elementos constructivos del espacio de estudio son las que se muestran en la figura 223 a manera de diagnóstico para poder simular más adelante en el modelo físico tridimensional las mismas condiciones, calibrarlas en cielo artificial y de esta manera sean válidos los análisis experimentales.

Figura 223. Reflectancias elementos constructivos

7.2.4.6 DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DEL MOBILIARIO Y EL PLANO DE TRABAJO

De los espacios más importantes por la enseñanza sin duda alguna, son los salones de clase, el cual cuenta con 12 bancas tipo trapezoidal para los niños de 0.65 m de altura (considerada como el plano de trabajo para mediciones), 1.10 m en su base mayor, 0.62 m en su base menor y 0.53 m de ancho, con acabado verde tipo mármol para el uso de dos estudiantes (Figura 224).

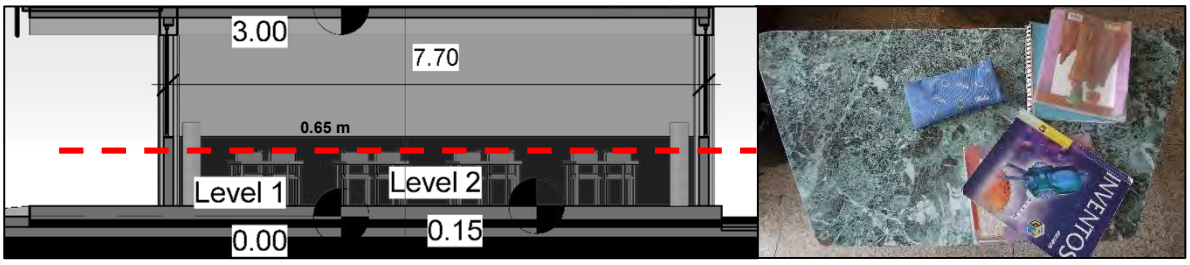


Figura 224. Altura de plano de trabajo

El muro Oeste cuenta con pizarrón brillante aglomerado blanco y azul, pequeños posters informativos (Figura 225) y un gabinete de almacenamiento pintado de color gris naval de aceite (Figura 226), mientras que el muro Este, el pizarrón principal, gabinetes de almacenamiento y el escritorio del profesor a la misma altura.

Figura 225. Muro oeste

Figura 226. Muro este

7.2.5 DE MANERA PARTICULAR. SISTEMAS DE VENTANERÍA

Figura 227. Sistema de ventanería

7.2.5.1 DISEÑO DE LA FACHADA CON EL SISTEMA

Como vimos anteriormente, es cierto que las alturas y dimensiones de la ventana deben de estar relacionadas a la actividad del usuario y de su plano de trabajo. El tamaño, forma y material que la conforman son elementos esenciales para la cuantificación y calificación de penetración de la luz en el edificio y se describen a continuación por área de estudio.

1) Forma y tamaño

Existen dos tipos de ventanas dentro de los casos de estudio: módulos “2x2” cuando existe una puerta dentro del marco rígido cuyas dimensiones son de 2.11 m x 1.60 m con un área de 3.38 m2 (Figura 228) y módulos “3x3” abarcando todo el marco rígido de 3.08 m x 1.60 m con un área de 4.93 m2 (Figura 229).

Figura 228. Módulo 2X2

Figura 229. Módulo 3x2

Definiendo la relación entre altura y largo de las ventanas (CEI-IDAE, 2005) los módulos “2x2” son consideradas como ventanas intermedias por tener un coeficiente que vaya de 0.5 a 2 (0.76) y los módulos “3x2” corresponde a ventanas horizontales por tener un coeficiente de forma 0.5 (Tabla 66). Por lo tanto la iluminación del interior es una banda paralela a la pared de la ventana, que produce poca diferencia en la distribución de la luz a lo largo del día, con poco deslumbramiento y permite una vista panorámica (Figura 230).

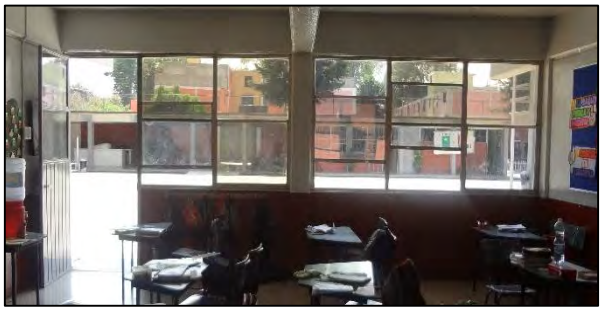


Figura 230. Iluminación bilateral

TIPO	LARGO	ALTURA	ALTURA/LARGO	TIPO DE VENTANA
MODULO 2X2	2,11	1,6	0,76	INTERMEDIA
MODULO 3X2	3,08	1,6	0,52	HORIZONTAL

Tabla 66. Tipo de ventanas CEI

2) Posición

El dintel de puertas y ventanas lo define la altura del lecho bajo de las trabes para todo el conjunto, por lo tanto, el esquema de *posición* está determinado de la siguiente manera: murete del Nivel de Piso Terminado al lecho bajo de la ventana de 1.00 m., el vano de la ventana tiene 1.60 m de altura libre y trabe con un peralte de 0.40 m, teniendo un total de 2.90 m del piso al lecho bajo de la losa de concreto (Figura 231).

Figura 231. Posición respecto al macizo

3) Orientación

Dada la orientación integral de todo el proyecto las ventanas se encuentran orientadas al Nor-Noreste propiciando niveles luminosos constantes y difusos a lo largo del día y escasa ganancia térmica y Sur-suroeste que dada la ubicación geográfica (Figura 232), se puede inferir que proporcionan niveles luminosos elevados y elevada ganancia de energía en invierno por la inclinación del sol. A continuación se describe el sistema de ventanería por espacio a analizar.

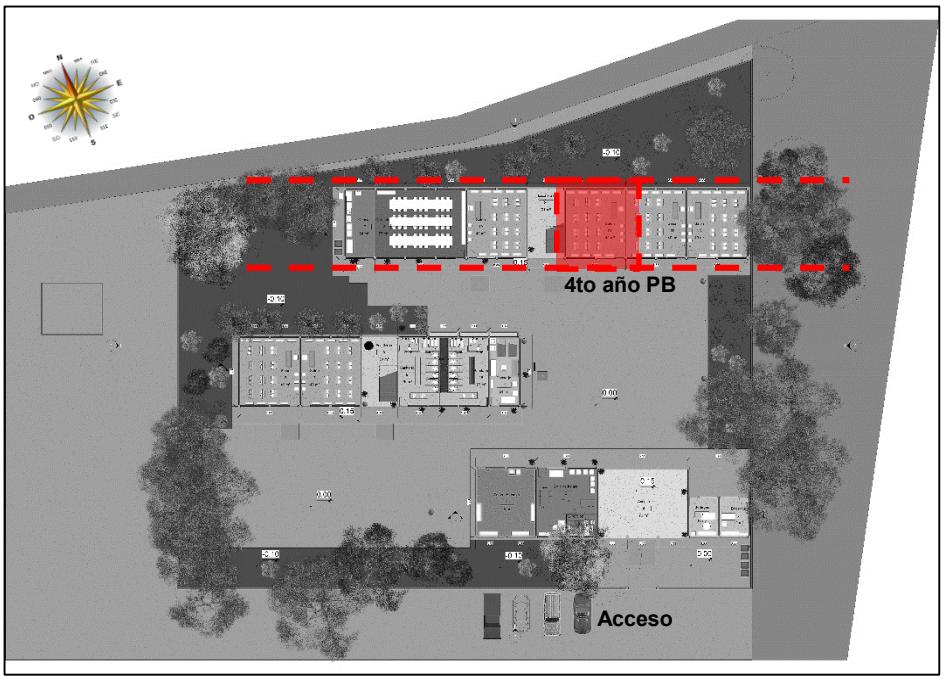


Figura 232. Orientación de las ventanas

Cuenta con tres módulos de “3x3” y uno de “2x2” teniendo un área total destinada a iluminación natural por sistemas bilaterales de 18.16 m^2 (Figura 233), que en relación al área del local (49 m2) el área de ventanas es de 37.06 m^2 (Tabla 67).

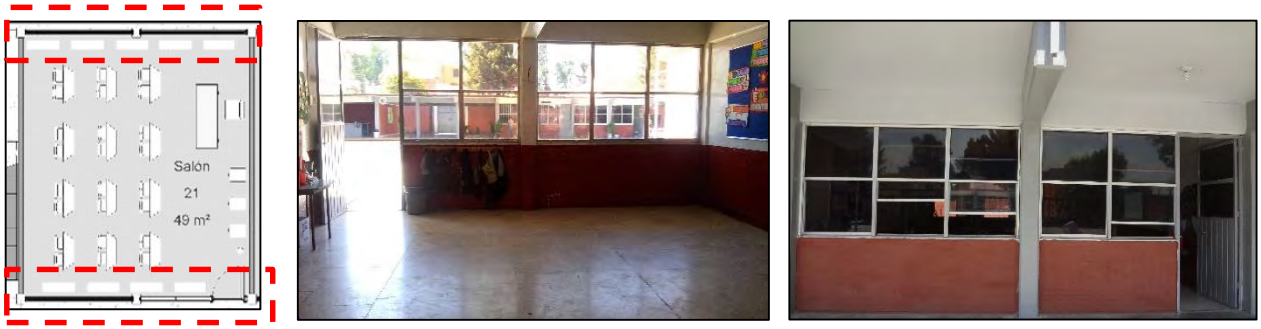


Figura 233. Módulos de las ventanas

CANTIDAD	TIPO	LARGO	ALTURA	AREA VENT.	AREA TOTAL VENT.	AREA DEL LOCAL	RELACIÓN % DE ABERTURA RESPECTO AL LOCAL
1	MODULO 2X2	2,11	1,6	3,38	3,38	49	37,06
3	MODULO 3X2	3,08	1,6	4,93	14,78		
				TOTAL	18,16		

Tabla 67. Porcentaje en relación al área del local

7.2.5.2 PROPIEDADES DEL MATERIAL TRASLUCIDO

Los módulos de las ventanas en toda la escuela están constituidos por cristal simple del tipo claro o transparente en un espesor de 3 mm marca Vitro (Tabla 68).

Producto	Espesor	Transmisión solar		Reflexión solar		Propiedades térmicas	Ahorro de energía	Seguridad
		% Luz	% Calor	% Luz	% Calor			
Cristal claro	2-19 mm	87.8	77.2	8.4	7.3			*

Tabla 68. Cristal actual

Es de suma importancia considerar en mayor medida su transmisión luminosa (0.878) y su Factor solar (0.89), es decir, tiene un alto porcentaje de luz natural que deja pasar el vidrio y una gran cantidad de energía térmica que pasa a través de él, aunque en el edificio real por cuestiones de falta de limpieza, mantenimiento, desgaste y tiempo se midieron las transmitancias, midiendo la luz incidente y la transmitida en 4 puntos para determinar el verdadero % de transmitancia (Tabla 69 y Figura 234) para considerarlo más adelante en las simulaciones del modelo físico tridimensional de acuerdo a la ecuación vista.

$$T\% = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

Dónde:

T es la Transmitancia en %

I es el flujo luminoso transmitido

I_o es el flujo luminoso incidente

TIPO	CRISTAL DE 6 MM			
P. DE MEDICIÓN	INCIDENTE EXT. (LUX)	TRANSMITIDA INT. (LUX)	TRANSMITANCIA %	PROMEDIO %
1	7990	3634	45,48	56,00
2	7134	4221	59,17	
3	6100	3865	63,36	

Tabla 69. Reflectancia de cristales

Figura 234. Toma de la transmitancia de cristales

En cuanto al marco que constituye la estructura de la ventana, está constituido por cancelería de aluminio de 2" (5 cm) con una operabilidad tipo guillotina. Los marcos reducen el área de superficie vidriada y pueden alterar la visión al exterior, y como consecuencia pueden disminuir la cantidad de luz recibida en el interior del espacio como lo podemos ver en la Figura 235 y su relación con el área real de abertura eficiente para los módulos de 2x2 y 3x2 en la Tabla 70.

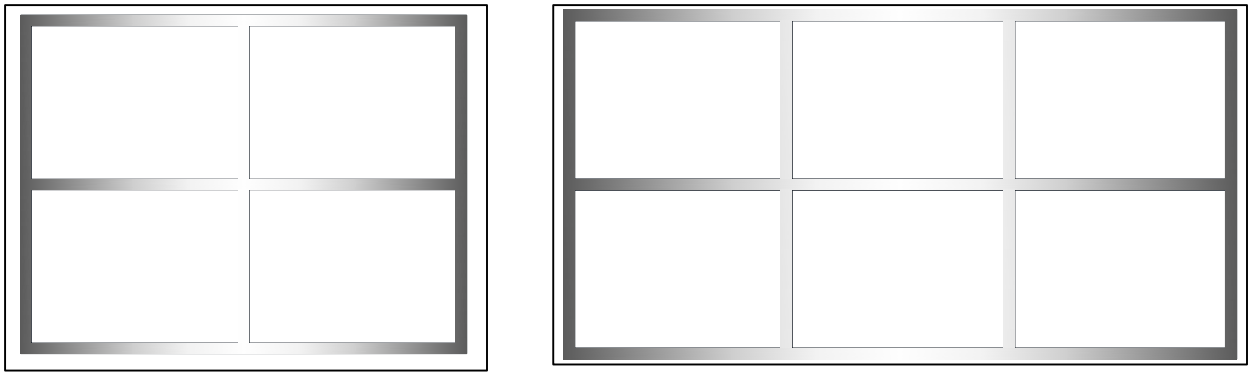


Figura 235. Módulo 2x2 y 3x2

Módulo 2x2

Dimensiones: 2.11 m x 1.60 m

Área de ventana: 3.38 m^2

Área de cancelería: 0.534 m^2

Módulo 3x2

Dimensiones: 3.08 m x 1.60 m

Área de ventana: 4.93 m^2

Área de cancelería: 0.752 m^2

TIPO	LARGO	ALTURA	AREA VENT.	AREA CANCELERIA	AREA VIDREADA LIBRE	%EFICIENTE DE VENTANA
MODULO 2X2	2,11	1,6	3,38	0,534	2,84	84,18
MODULO 3X2	3,08	1,6	4,93	0,752	4,18	84,74

Tabla 70. Porcentaje eficiente de ventana

El porcentaje eficiente real de la ventana para el módulo de 2x2, es decir, el área que permite la iluminación natural quitando el área de la cancelería (15.82 %) es del 84.18 % mientras que para el módulo de 3x2 es de 84,74% (Figura 236).

Figura 236. Iluminación natural ingresada

7.2.6 DE MANERA PARTICULAR. SISTEMAS AUXILIARES DE APORTACIÓN DIURNA

Figura 237. Sistemas auxiliares de aportación diurna

Dentro del proyecto en su conjunto se puede inferir que solo cuenta con elementos de protección solar implementados en las losas: Volados de 2 m de proyección a partir del paño de los muros exteriores cubriendo el mismo pasillo como distribuidor con pintura blanca plastificada (Figura 238), estos volados son de las mismas dimensiones para todos los edificios de manera general.

Figura 238. Volados generales en la escuela

7.3 IMPLEMENTACION DE ESTRATEGIAS QUE CONTRIBUYEN AL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES LUMINICAS EN EL CASO DE ESTUDIO

Ante de dar pie a la aplicación de las estrategias se muestra a manera de resumen los factores analizados en el caso de estudio (Tabla 71).

1. EDIFICACIÓN Y ENTORNO	2. EL USUARIO	3. EL ESPACIO	4. SISTEMA DE VENTANERÍA	5. SISTEMAS AUXILIARES DE APORTACIÓN DIURNA
1.1 Género de edificio y tareas visuales a realizar 1.2 Disponibilidad de la luz de día: 1.2.1 Ubicación y Coordenadas geográficas 1.2.2 Días soleados disponibles (cambio estacional) 1.2.3 Orientación y forma 1.2.4 Factores climatológicos del lugar (Radiación solar, Nubosidad e insolación) 1.3 Obstrucciones 1.3.1 Topografía y Edificios colindantes 1.3.2 Vegetación	2.1 Personal que labora en el caso de estudio 2.2 Edad de los sujetos 2.3 Analisis de alumnos por grado 2.4 Horario y actividades a realizar	3.1 Orientación 3.2 Autonomía y Relación con espacios colindantes 3.3 Tamaño. Proporciones, alturas con respecto a la profundidad 3.4 Sistemas de iluminación natural 3.5 Materiales y acabados 3.6 Distribución eficiente del mobiliario y el plano de trabajo	4.1 Diseño de la fachada con el sistema 4.2 Propiedades del material traslucido	5.1 Inspeccion fisica y determinacion de aquellos elementos de proteccion solar que influyen en los niveles luminicos del espacio

Tabla 71. Factores generales y particulares analizados

Una vez terminada la etapa del reconocimiento de aquellos **aspectos generales y particulares** del caso de estudio que de alguna forma participan en las condiciones lumínicas se seleccionaron cuatro factores de suma importancia que pueden adaptarse y aplicarse tanto para la fácil manipulación y/o simulación en modelos físicos tridimensionales a escala, como en la calibración y simulación de modelos digitales en **Ecotect, Radiance y Daysim** como parte integral de las estrategias de diseño de iluminación natural para mejorar el confort lumínico y obtener ahorro energético en el caso de estudio:

1) Transmitancias
2) Reflectancias
3) Obstrucciones
4) Orientación

Para entender mucho más claro todo el proceso del desarrollo experimental se muestra a continuación la siguiente Tabla con todas aquellas etapas, variables y condicionantes que forman parte de esta investigación.

CLAVE	RESUMEN DE LA FASE EXPERIMENTAL
SIT	RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACION NATURAL ACTUALES-MEDICIONES EN SITIO
Condicón 1	VALORES ABSOLUTOS: CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO
Condición 2	VALORES RELATIVOS: FACTOR DE LUZ DE DÍA.
CAL	CALIBRACION DEL MODELO FISICO TRIDIMENSIONAL EN CIELO ARTIFICIAL
A	MODELO FISICO TRIDIMENSIONAL (SIN ESTRATEGIAS)
Condicón 1	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS ACTUALES EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Condición 2	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS ACTUALES EN LUX Y FLD (VERANO)
Condición 3	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS ACTUALES EN LUX Y FLD (INVIERNO)
B	MODELO FISICO TRIDIMENSIONAL (CON ESTRATEGIAS:FACTOR TRANSMITANCIAS)
Condicón 1:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Cristal	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
claro	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 2:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Cristal	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
Duovent	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 3:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Cristal	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
Reflectasol	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
C	MODELO FISICO TRIDIMENSIONAL (CON ESTRATEGIAS:FACTOR REFLECTANCIAS)
Condicón 1:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
1	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 2:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
2	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 3:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
3	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condicion 4:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
4	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 5:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
5	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)

Tabla 72. Resumen de la fase experimental

D	MODELO FISICO TRIDIMENSIONAL (CON ESTRATEGIAS:FACTOR OBSTRUCCIONES)
Condicón 1:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
A	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 2:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
AA	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 3:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
B	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condicion 4:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
BB	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 5:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
C	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
Condición 6:	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (EQUINOCCIOS)
Combinación	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (VERANO)
CC	SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS EN LUX Y FLD (INVIERNO)
E	SIMULACION DE LAS CONDICIONES LUMINICAS ACTUALES (SIN ESTRATEGIAS) EN MEDIOS DIGITALES
Condicón 1:	ECOTEC ANALYSIS, RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA Y DAYSIM 3.1
F	SIMULACION DE LAS CONDICIONES LUMINICAS (CON 4 ESTRATEGIAS) EN MEDIOS DIGITALES
Condicón 1:	ECOTEC ANALYSIS, RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA Y DAYSIM 3.1
G	SIMULACION DE LA COMBINACION DE LOS CASOS CON MEJORES RESULTADOS EN MEDIOS DIGITALES
Condicón 1:	ECOTEC ANALYSIS
Caso con mejor	RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA
resultado 1	DAYSIM 3.1
Condicón 1:	ECOTEC ANALYSIS
Caso con mejor	RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA
resultado 2	DAYSIM 3.1

Tabla 72. Resumen de la fase experimental (Continuación)

De esta manera, se tiene un panorama mucho más claro y marcado de lo que este proyecto de investigación analiza y genera; para tener en mente el procedimiento y los resultados a obtener plasmados próximamente en el capítulo final de conclusiones y productos, tanto como el mejoramiento de las condiciones lumínicas, alza del confort lumínico, ahorro energético y reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

7.4 RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACION NATURAL ACTUALES

Para diagnosticar el espacio seleccionado, resulta vital analizarlas de forma cuantitativa en valores absolutos sobre el plano de trabajo (Lux) y valores relativos (FLD%) en sitio. Las mediciones se realizaron el 19 de febrero del 2014 bajo condiciones de cielo despejado y sin alumnos, siendo de la época más crítica del año que es cuando menos horas de disponibilidad de luz de día se cuenta; de acuerdo al análisis del punto 7.2.2.2 (días soleados-cambio estacional) el Solsticio de Invierno cuenta con 10.82 horas aproximadamente. Es la temporada en la que la luz disponible para ser utilizada es la más

baja durante todo el año, sin embargo más adelante con la experimentación por medio de modelos físicos tridimensionales se abarcara las demás estaciones.

Para fines de caso de estudio, la luz natural se estimara de la siguiente forma:

Valores absolutos: Cantidad de luz en un plano de trabajo (lux) por medio de luxómetro digital marca.

Valores relativos: Factor de Luz de Día (%) por medio de cálculos matemáticos.

7.4.1 VALORES ABSOLUTOS: CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

La metodología especifica en que se basa este estudio es la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-STPS-2008) que rige el monitoreo y tipo de instrumentos necesarios y por ello, para la obtención de datos en las aulas y la evaluación cuantitativa se aplicó su método para determinar las condiciones lumínicas, la cual indica en su apéndice "A.2.2 que cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar al menos una medición por cada área o puesto de trabajo" y en "A.2.4. En el puesto de trabajo (0.65 metros) se debe realizar al menos una medición en cada plano de trabajo (12 escritorios) (Figura 239), colocando el luxómetro tan cerca como sea posible del plano de trabajo y tomando precauciones para no proyectar sombras ni reflejar luz adicional sobre el luxómetro". Para obtener los datos necesarios en el estudio experimental, se utilizaran luxómetros los cuales están diseñados para medir niveles de iluminación o iluminancia en lux (Figura 240), constituidos por una celda fotoeléctrica que bajo la acción de luz engendra una corriente eléctrica que se mide en un miliamperio sobre el plano de trabajo

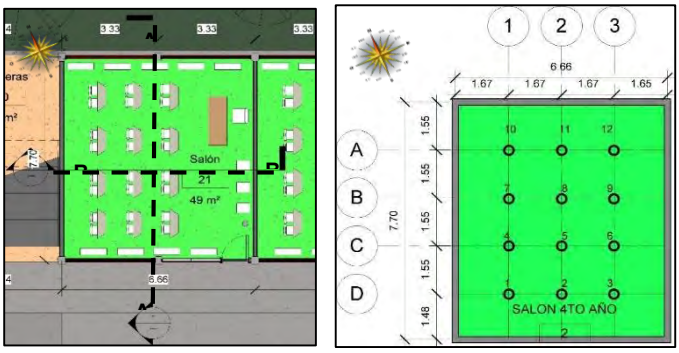


Figura 239. Puntos de medición en cada puesto de trabajo

Figura 240. Luxómetro de medición

Este método otorga al arquitecto una predicción de la cantidad de iluminación interior provista por la Luz Natural en cada punto considerado del local. Pero es importante aclarar que la iluminancia absoluta varía con el tiempo (hora, mes, estación), con la orientación de la abertura, y con las condiciones de cielo (claro, parcialmente nublado y cubierto), por lo que resulta poco práctico hacer cálculos en términos de iluminancia real, sin embargo, se muestran los monitores para observar el comportamiento de la luz natural dentro del espacio para una fecha en específico y determinar las condiciones lumínicas actuales.

Monitoreo de resultados en caso real-base:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	19
Fecha de la prueba (mes)	2
Día juliano	50
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 2 hr
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	173
MINIMO	106
MAXIMO	286

Niveles de Iluminancia (Lux):

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8500	165	172	145			145	172	161
		4	5	6					
FINAL	9120	116	106	101			101	116	108
8 AM		7	8	9					
		81	86	85			81	86	84
		10	11	12					
PROMEDIO	8810	191	230	245			191	245	222
		VALORES CRÍTICOS					81	245	144

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9400	200	204	181			181	204	195
		4	5	6					
FINAL	9082	145	138	130			130	145	138
10 AM		7	8	9					
		102	116	103			102	116	107
		10	11	12					
PROMEDIO	9241	222	257	277			222	277	252
		VALORES CRÍTICOS					102	277	173

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11573	224	242	203			203	242	223
		4	5	6					
FINAL	10939	164	156	145			145	164	155
12 PM		7	8	9					
		123	145	125			123	145	131
		10	11	12					
PROMEDIO	11256	246	286	306			246	306	279
		VALORES CRÍTICOS					123	306	197

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12560	193	190	185			185	193	189
		4	5	6					
FINAL	15272	136	130	125			125	136	130
2 PM		7	8	9					
		122	145	124			122	145	130
		10	11	12					
PROMEDIO	13916	249	278	302			249	302	276
		VALORES CRÍTICOS					122	302	182

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8181	157	156	145			145	157	153
		4	5	6					
FINAL	7201	110	105	91			91	110	102
4 PM		7	8	9					
		102	120	101			101	120	108
		10	11	12					
PROMEDIO	7691	211	254	285			211	285	250
		VALORES CRÍTICOS					91	285	153

Tabla 68. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

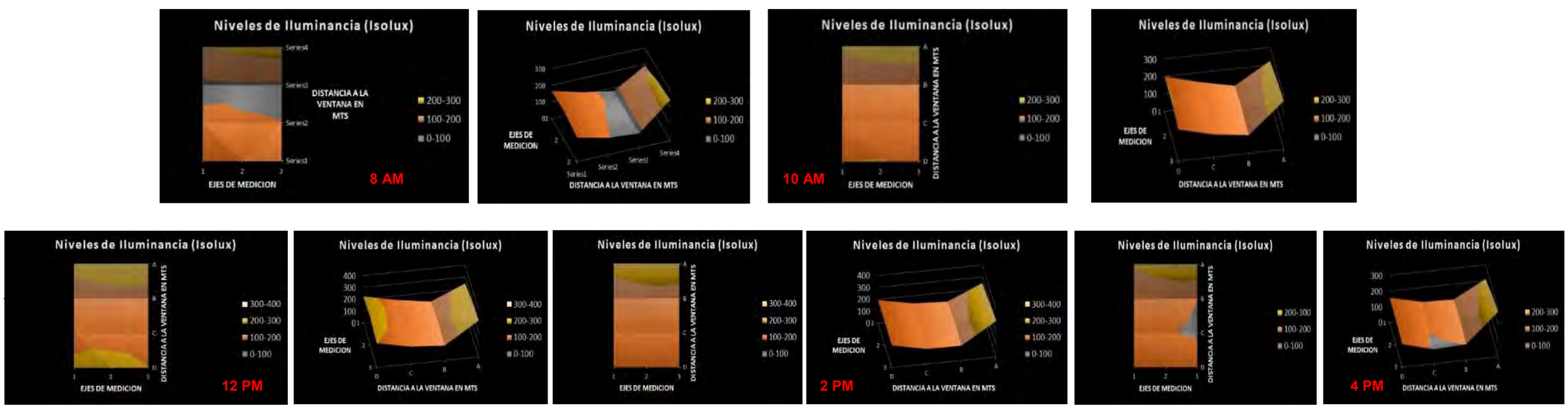


Figura 241. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias

Observaciones:

Es notorio que en los gráficos observados las condiciones lumínicas son escasas teniendo valores muy bajos de iluminancia que no sobrepasan los índices explicados en el capítulo 5 de reglamentación y normatividad. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 173 lux con valores mínimos de 106 y máximos de 286 lux; en el reglamento de construcciones se establece el valor mínimo de 300 lux para educación básica y en las normas de la secretaria de trabajo y previsión social 500 lux, por lo tanto las condiciones para esta fecha en específico es insuficiente y las condiciones no son favorables para la actividad que se realiza. Particularmente hay un decremento en el centro del local, puesto que cuenta con un sistema de iluminación bilateral. La distribución de la luz en esta aula demuestra que en el área cercana a la fachada sur se cuenta con niveles más altos que en los espacios cercanos a la fachada norte, eso es debido a la trayectoria solar de invierno y desafortunadamente los niveles a lo largo del día no se mantienen estables.

7.4.2 VALORES RELATIVOS: FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Para el cálculo del factor de luz de día se realizaron 12 lecturas en el salón de clases 4to año, colocando el luxómetro sobre el plano de trabajo (donde se realiza la tarea visual) a 65 cm de altura siendo estos los valores absolutos de Iluminancia en Lux; simultáneamente en el exterior se hacía tomas de datos para obtener los datos de la luz tanto al inicio como al final de la medición para obtener un promedio de Iluminancia que existía en ese instante. Estos datos (Iluminancia exterior e interior) se requieren simultáneamente para hacer la relación porcentual y obtener el porcentaje de FLD.

Relacionado a esto y debido a las fluctuaciones en los niveles de iluminación natural se ha generalizado en este estudio experimental el especificar los requerimientos de luz natural en los espacios mediante el factor de luz de día (porcentaje) y no con valores absolutos (lux) como se hace en el caso de la luz artificial en su mayoría, ya que en este método aunque aumenten o disminuyan los niveles de iluminación en el exterior (por nubosidad), dicho factor permanecerá relativamente constante, esto se debe a que la iluminación interior también variará gradualmente conforme la exterior. Por consiguiente, el factor de luz de día da al arquitecto o especialista una idea certera del comportamiento de la luz natural a comparación de la que se puede dar con valores absolutos y rígidos siendo este primero más conveniente debido a que de la luz que se recibe de todo el cielo, solo una pequeña porción es recibida en el interior de los espacios, misma que va cambiando conforme a las variaciones de las condiciones exteriores y es más valido.

Monitoreo de resultados en caso real-base:

Factor de luz de día

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	19
Fecha de la prueba (mes)	2
Día juliano	50
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada hr
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	1,76
MINIMO	1,08
MAXIMO	2,92
UNIFORMIDAD	0,61

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	8500	1,9	2,0	1,6			1,6	2,0	1,8	0,9
			4	5	6						
	FINAL	9120	1,3	1,2	1,1			1,1	1,3	1,2	0,9
8 AM			7	8	9						
			0,9	1,0	1,0			0,9	1,0	1,0	1,0
			10	11	12						
	PROMEDIO	8810	2,2	2,6	2,8			2,2	2,8	2,5	0,9
			VALORES CRÍTICOS					0,9	2,8	1,6	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	9400	2,164	2,208	1,959			1,96	2,21	2,11	0,93
			4	5	6						
	FINAL	9082	1,569	1,493	1,407			1,41	1,57	1,49	0,94
10 AM			7	8	9						
			1,104	1,255	1,115			1,10	1,26	1,16	0,95
			10	11	12						
	PROMEDIO	9241	2,402	2,781	2,998			2,40	3,00	2,73	0,88
			VALORES CRÍTICOS					1,10	3,00	1,87	0,59

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	11573	1,99	2,15	1,8			1,80	2,15	1,98	0,91
			4	5	6						
	FINAL	10939	1,46	1,39	1,29			1,29	1,46	1,38	0,94
12 PM			7	8	9						
			1,09	1,29	1,11			1,09	1,29	1,16	0,94
			10	11	12						
	PROMEDIO	11256	2,19	2,54	2,72			2,19	2,72	2,48	0,88
			VALORES CRÍTICOS					1,09	2,72	1,75	0,62

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	12560	1,39	1,37	1,33			1,33	1,39	1,36	0,98
			4	5	6						
	FINAL	15272	0,98	0,93	0,9			0,90	0,98	0,94	0,96
2 PM			7	8	9						
			0,88	1,04	0,89			0,88	1,04	0,94	0,94
			10	11	12						
	PROMEDIO	13916	1,79	2	2,17			1,79	2,17	1,99	0,90
			VALORES CRÍTICOS					0,88	2,17	1,30	0,67

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	8181	2,041	2,028	1,885			1,89	2,04	1,99	0,95
			4	5	6						
	FINAL	7201	1,43	1,365	1,183			1,18	1,43	1,33	0,89
4 PM			7	8	9						
			1,326	1,56	1,313			1,31	1,56	1,40	0,94
			10	11	12						
	PROMEDIO	7691	2,743	3,303	3,706			2,74	3,71	3,25	0,84
			VALORES CRÍTICOS					1,18	3,71	1,99	0,59

Tabla 69. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias

Gráficas 2D de FLD

Graficas 3D de FLD

Gráficas 2D de FLD

Graficas 3D de FLD

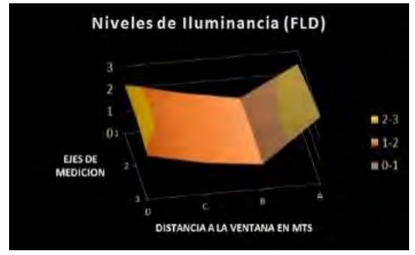
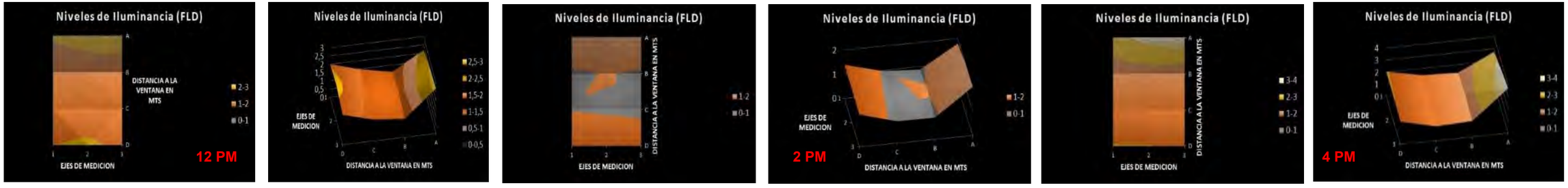


Figura 242. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias



Observaciones:

Al igual que las lecturas en valores absolutos (lux) es notorio que en los gráficos de factor de luz de día las condiciones lumínicas también son escasas teniendo valores muy bajos de %. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 1,76 % con valores mínimos de 1,08 % y máximos de 2,92 %, por lo tanto las condiciones para esta fecha en específico es insuficiente y las condiciones no son favorables para la actividad que se realiza. Particularmente hay un decremento en el centro del local por tener sistemas de iluminación bilateral.

Figura 243. Registro fotográfico de las mediciones en caso base

7.5 ELABORACIÓN DEL MODELO FÍSICO TRIDIMENSIONAL A ESCALA

Una vez determinadas las reflectancias de los materiales en el caso real tanto de muros, plafones, pisos y plano de trabajo (Ver 7.2.4.5 materiales y acabados) se procedió a reproducir las mismas propiedades en el modelo físico; la escuela primaria facilito las pinturas reales (Figura 244) con las cuales están acabados los salones facilitando más aun el proceso, sin embargo a manera de confirmar se determinó el valor de sus reflectancias tomando muestras y vaciándolas en la caja negra de reflectancias (Figura 245). El modelo se realizó a corte laser en Tableros de Fibra de densidad media (MDF) a escala 1:15 con mirilla, de 1.00 x 0.75 m con su base pertinente para la fácil manipulación del luxómetro a fin de que sea un material de calidad para simular de la forma más precisa y correcta las condiciones del espacio para proceder a su calibración.

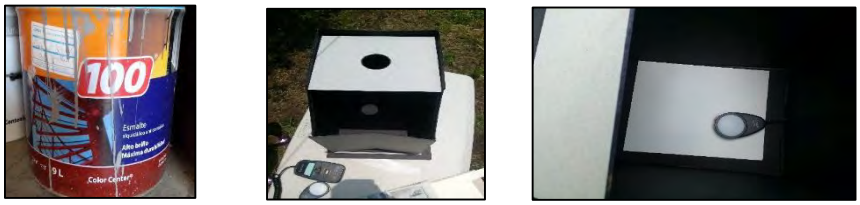


Figura 244. Pintura real y reflectancias tomadas

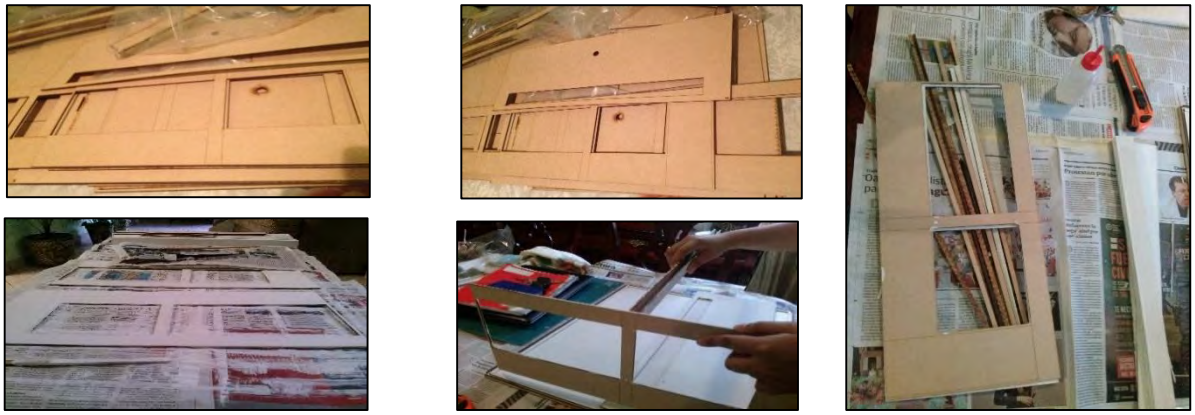


Figura 245. Registro fotográfico de la elaboración del modelo físico tridimensional

7.6 CALIBRACIÓN DEL MODELO FÍSICO TRIDIMENSIONAL

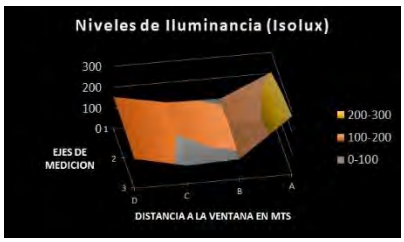
Aunque en el modelo físico tridimensional se tenía la certeza en la fase anterior que los materiales gozaban de las mismas propiedades ópticas (reflectancia) que el salón real de estudio se procedió a su evaluación y simulación en el laboratorio del cielo artificial determinando sus niveles absolutos y de factor de luz de día siendo este último el más preciso y valido pues recordemos que es una expresión de la eficacia de utilizar la luz del cielo para proveer iluminancia horizontal en un interior, es decir que este factor indica en qué medida el edificio y su interior -muros y cielorraso-, así como las obstrucciones externas, restringen la potencial disponibilidad de iluminancia. El modelo físico no cuenta con ventanas y es necesario aclarar que el valor de la transmitancia real (Ver 7.2.5.2 propiedades del material traslucido) se aplica por medios matemáticos multiplicando el valor obtenido por 0.56 (transmitancia real en el sitio) para determinar la iluminancia en el espacio interior real.

Mediciones en el laboratorio del cielo artificial:

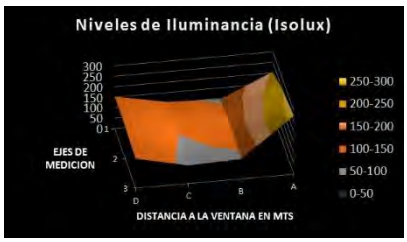
SALON DE CLASES 4TO	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
HORA			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
Hr. de inicio-13:00	INICIAL	7000	153	151	141			141	153	148
			4	5	6					
	FINAL	7000	105	101	86			86	105	97
			7	8	9					
Hr. de termino-13:20			96	115	95			95	115	102
			10	11	12					
	PROMEDIO	7000	205	251	279			205	279	245
			VALORES CRÍTICOS					86,24	278,88	148

Gráficas 2D de Isolux

Graficas 3D de Isolux



Graficas 3D de Isolux y con interpolación



SALON DE CLASES 4TO	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
HORA			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
Hr. de inicio-9:00	INICIAL	7000	2,18	2,16	2,02			2,02	2,18	2,12	0,95
			4	5	6						
	FINAL	7000	1,5	1,44	1,23			1,23	1,50	1,39	0,89
			7	8	9						
Hr. de termino-9:10			1,38	1,64	1,36			1,36	1,64	1,46	0,93
			10	11	12						
	PROMEDIO	7000	2,93	3,58	3,98			2,93	3,98	3,50	0,84
			VALORES CRÍTICOS					1,23	3,98	1,95	0,63

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux y con interpolación**

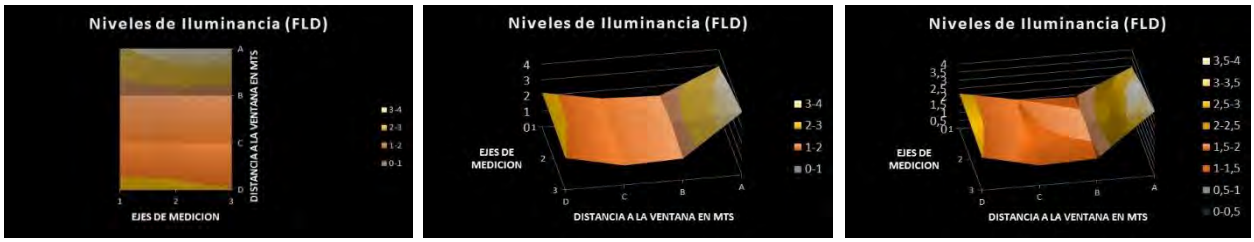


Figura 246. Calibración del modelo físico tridimensional

Observaciones:

Los valores promedios determinados en el cielo artificial en cuanto a valores absolutos corresponden a 148 lux mientras que en la realidad bajo las mismas condiciones corresponde a 153 lux, es decir, varia por 4 lux siendo realmente despreciable la diferencia, mientras que el factor de luz de día en el cielo artificial promedio es de 1,95 % en la realidad corresponde a un valor del 1,99% siendo valores prácticamente semejantes, concluyendo que las condiciones del modelo físico tridimensional son totalmente válidas para cualquier experimento que se haga con este aunque cuando se haga la simulación con el modelo físico para la estación de invierno se verá que las condiciones lumínicas son muy parecidas comprobando nuevamente la validez que tiene el modelo físico.

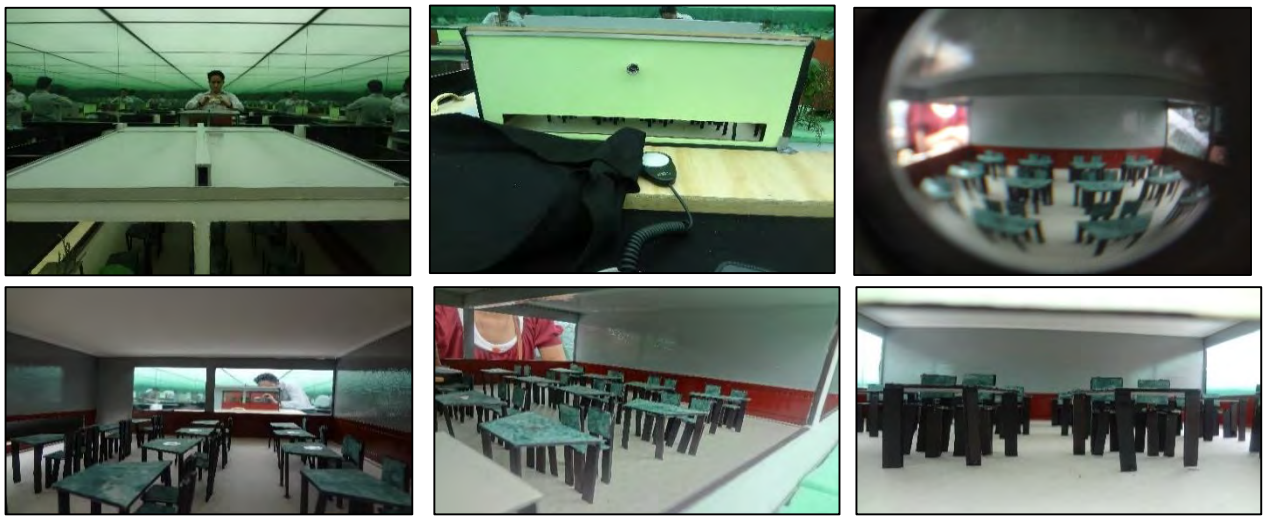


Figura 247. Registro fotográfico de la calibración del modelo físico tridimensional

7.7 SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS ACTUALES ESTACIONALES

La siguiente etapa se realizó colocando el modelo físico al aire libre bajo condiciones de cielo despejado con la orientación e inclinación adecuada en base al reloj solar universal para determinar la situación y el comportamiento lumínico para las demás estaciones en el estado actual.

7.7.1 EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreo de resultados en modelo físico tridimensional:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

Niveles de Iluminancia (Lux):

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	122	115	109			109	122	115
		4	5	6					
FINAL	9150	99	97	89			89	99	95
8 AM		7	8	9					
		90	125	95			90	125	103
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	140	191	222			140	222	184
		VALORES CRÍTICOS					89	222	125

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11220	314	297	292			292	314	301
		4	5	6					
FINAL	10400	274	265	237			237	274	259
12 PM		7	8	9					
		281	288	282			281	288	284
		10	11	12					
PROMEDIO	10810	307	320	326			307	326	318
		VALORES CRÍTICOS					237	326	290

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	233
MINIMO	191
MAXIMO	283

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7850	275	263	256			256	275	265
		4	5	6					
FINAL	6590	235	223	193			193	235	217
		7	8	9					
4 PM		185	192	179			179	192	186
		10	11	12					
PROMEDIO	7220	228	241	257			228	257	242
		VALORES CRÍTICOS					179	275	227

Tabla 70. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

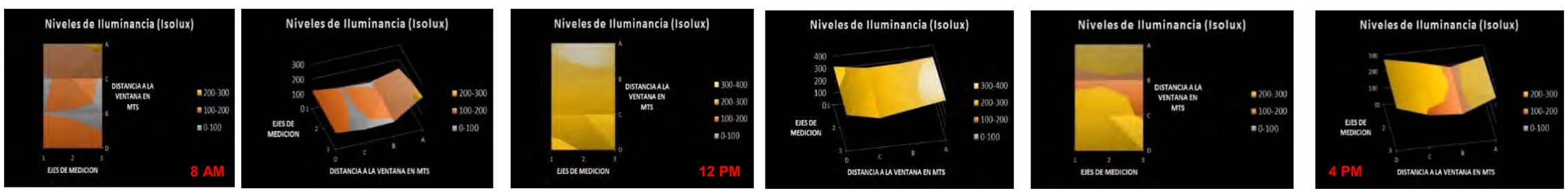


Figura 248. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 100 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D a partir de las 10 AM por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 300 lux por normatividad pero aún insuficiente. Es relativamente importante señalar que las condiciones lumínicas siguen siendo escasas teniendo valores muy bajos de iluminancia que no sobrepasan la normatividad.

7.7.2 EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8300	1,4	1,3	1,3			1,3	1,4	1,3	0,9
		4	5	6						
FINAL	9150	1,1	1,1	1,0			1,0	1,1	1,1	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,0	1,4	1,1			1,0	1,4	1,2	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	1,6	2,2	2,5			1,6	2,5	2,1	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,0	2,5	1,4	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11220	2,91	2,75	2,7			2,70	2,91	2,79	0,97
		4	5	6						
FINAL	10400	2,54	2,45	2,2			2,20	2,54	2,40	0,92
		7	8	9						
12 PM		2,6	2,67	2,61			2,60	2,67	2,63	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10810	2,84	2,96	3,01			2,84	3,01	2,94	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,20	3,01	2,69	0,82

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,44
MINIMO	1,97
MAXIMO	3,01
UNIFORMIDAD	0,80

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7850	3,808	3,638	3,552			3,55	3,81	3,67	0,97
		4	5	6						
FINAL	6590	3,258	3,087	2,676			2,68	3,26	3,01	0,89
4 PM		7	8	9						
		2,567	2,66	2,482			2,48	2,66	2,57	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	7220	3,165	3,343	3,56			3,16	3,56	3,36	0,94
		VALORES CRÍTICOS					2,48	3,81	3,15	0,79

Tabla 71. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

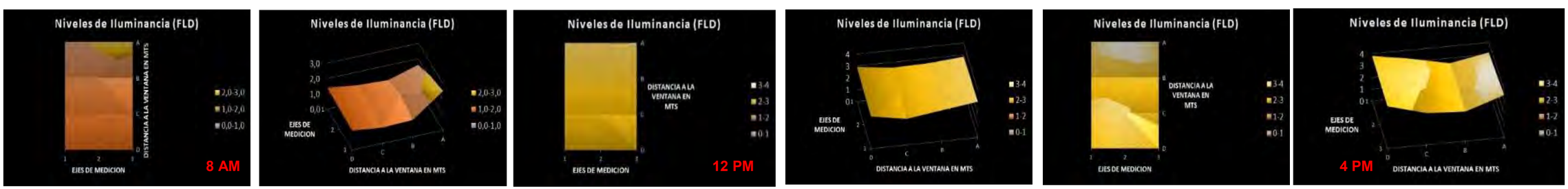


Figura 249. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Al igual que las lecturas en valores absolutos (lux) las condiciones son críticas teniendo valores muy bajos de %. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,44 % con valores mínimos de 1,97 % y máximos de 3,01 %, por lo tanto las condiciones para esta fecha en específico es insuficiente y las condiciones no son favorables para la actividad que se realiza. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-2%, como en el caso anterior los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, decreciendo en la parte central eje B y C

7.7.3 SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9000	72,8	64,4	59,9			60	73	66
		4	5	6					
FINAL	9145	68,9	67,2	57,1			57	69	64
		7	8	9					
8 AM		245	230	242			230	245	239
		10	11	12					
PROMEDIO	9072,5	250	267	289			250	289	269
		VALORES CRÍTICOS					57,12	289	159

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12570	302	294	291			291,2	302,4	296
		4	5	6					
FINAL	11950	297	290	281			280,56	297,36	289
		7	8	9					
12 PM		309	320	314			308,56	320,32	314
		10	11	12					
PROMEDIO	12260	371	385	394			370,72	393,68	383
		VALORES CRÍTICOS					280,56	393,68	321

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	232
MINIMO	182
MAXIMO	320

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9240	235,2	219	216,7			216,72	235,2	224
		4	5	6					
FINAL	8100	226,8	219	215,6			215,6	226,8	220
		7	8	9					
4 PM		244,2	251,4	247			244,16	251,44	248
		10	11	12					
PROMEDIO	8670	299,6	312,5	329,8			299,6	329,84	314
		VALORES CRÍTICOS					215,6	329,84	251

Tabla 72. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

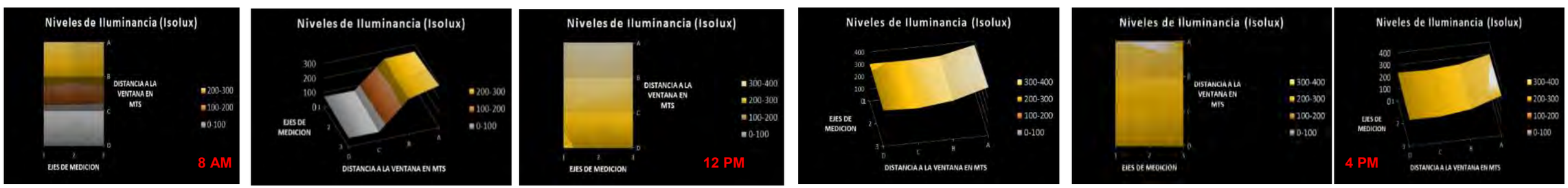


Figura 250. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias-VERANO

Observaciones:

Es los gráficos observados las condiciones lumínicas mejoran particularmente por el acceso solar proveniente del norte con el eje A y B teniendo valores altos a las 8 AM de iluminancia superior a los 300 lux. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 232 lux con valores mínimos de 182 y máximos de 320 lux; al igual que los casos explicados la zona de penumbra sigue siendo la parte central correspondientes al eje B y C a partir de las 12 del día, disminuyendo lentamente conforme avanza la tarde con valores de los 100 a los 200 lux

7.7.4 SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,16
MINIMO	1,66
MAXIMO	3,03
UNIFORMIDAD	0,74

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9000	0,8	0,7	0,7			0,7	0,8	0,7	0,9
		4	5	6						
FINAL	9145	0,8	0,7	0,6			0,6	0,8	0,7	0,9
		7	8	9						
		2,7	2,5	2,7			2,5	2,7	2,6	1,0
8 AM		10	11	12						
PROMEDIO	9072,5	2,8	2,9	3,2			2,8	3,2	3,0	0,9
		VALORES CRÍTICOS					0,6	3,2	1,8	0,4

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12570	2,47	2,4	2,38			2,38	2,47	2,41	0,98
		4	5	6						
FINAL	11950	2,43	2,37	2,29			2,29	2,43	2,36	0,97
		7	8	9						
		2,52	2,61	2,56			2,52	2,61	2,56	0,98
12 PM		10	11	12						
PROMEDIO	12260	3,02	3,14	3,21			3,02	3,21	3,13	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,29	3,21	2,62	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9240	2,71	2,53	2,50			2,50	2,71	2,58	0,97
		4	5	6						
FINAL	8100	2,62	2,53	2,49			2,49	2,62	2,54	0,98
		7	8	9						
4 PM		2,82	2,90	2,85			2,82	2,90	2,85	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8670	3,46	3,60	3,80			3,46	3,80	3,62	0,95
		VALORES CRÍTICOS					2,49	3,80	2,90	0,86

Tabla 73. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 251. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias-VERANO

Observaciones:

Una vez determinadas las condiciones lumínicas relativas se observa que el promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,16 % con valores mínimos de 1,66 % y máximos de 3,03 %, por lo tanto las condiciones para esta fecha en específico mejoran por la penetración proveniente del norte teniendo rangos en su mayoría del 2 al 3 % y son mínimos del 1 al 2 % de FLD en el eje B y C.

7.7.5 SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	173
MINIMO	107
MAXIMO	286

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	168	174	147			147	174	163
		4	5	6					
FINAL	9050	118	108	103			103	118	110
		7	8	9					
8 AM		82,9	87,9	86,8			83	88	86
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	191	232	247			191	247	223
		VALORES CRÍTICOS					83	247	145

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
ICIAL	10950	226	246	205			205	246	226
		4	5	6					
NAL	10700	167	159	148			148	167	158
		7	8	9					
12 PM		128	148	130			128	148	136
		10	11	12					
OMEDIO	10825	250	290	311			250	311	284
		VALORES CRÍTICOS					128	311	201

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8050	160	159	148			148	160	155
		4	5	6					
FINAL	7150	112	108	95			95	112	105
		7	8	9					
4 PM		105	125	105			105	125	112
		10	11	12					
PROMEDIO	7600	213	256	285			213	285	251
		VALORES CRÍTICOS					95	285	156

Tabla 74. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 252. Niveles de iluminancia en caso base sin estrategias-INVIERNO

Observaciones:

Esta estación de análisis resulta de vital importancia para determinar la validez del experimento puesto que las mediciones en sitio reales también corresponden al solsticio de invierno y es importante comparar los valores obtenidos. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 173 lux con valores mínimos de 107 y máximos de 286 lux; mientras que en el caso real se tienen el promedio registrado en todo el monitoreo es de 173 lux con valores mínimos de 106 y máximos de 286 lux por lo tanto las condiciones son prácticamente las mismas y esto debido al correcto manejo de las reflectancias y transmitancias en el modelo físico.

7.7.6 SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	1,9	2,0	1,7			1,7	2,0	1,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	9050	1,4	1,2	1,2			1,2	1,4	1,3	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,0	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	8700	2,2	2,7	2,8			2,2	2,8	2,6	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,0	2,8	1,7	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	10950	2,09	2,27	1,89			1,89	2,27	2,08	0,91
		4	5	6						
FINAL	10700	1,54	1,47	1,37			1,37	1,54	1,46	0,94
		7	8	9						
12 PM		1,18	1,37	1,2			1,18	1,37	1,25	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	10825	2,31	2,68	2,87			2,31	2,87	2,62	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,18	2,87	1,85	0,64

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	1,77
MINIMO	1,09
MAXIMO	2,94
UNIFORMIDAD	0,62

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8050	2,1	2,093	1,945			1,95	2,10	2,05	0,95
		4	5	6						
FINAL	7150	1,474	1,422	1,253			1,25	1,47	1,38	0,91
		7	8	9						
4 PM		1,385	1,643	1,385			1,39	1,64	1,47	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	7600	2,8	3,367	3,751			2,80	3,75	3,31	0,85
		VALORES CRÍTICOS					1,25	3,75	2,05	0,61

Tabla 75. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias-INVIERNO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

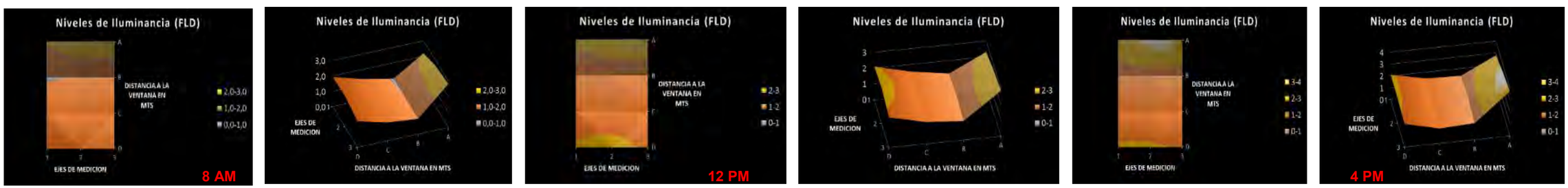


Figura 253. Porcentajes de Factor de Día en caso base sin estrategias-INVIERNO

Observaciones:

Al igual que las lecturas en valores absolutos (lux) del caso real y del modelo físico es notorio que en los gráficos de factor de luz de día las condiciones lumínicas también son escasas teniendo valores muy bajos de %. El promedio en el modelo físico es de 1,77% con valores mínimos de 1,08% y máximos de 2,94% mientras que en el caso real el promedio registrado en todo el monitoreo es de 1,76 % con valores mínimos de 1,08 % y máximos de 2,92 %, por lo tanto resulta vital el haber comprobado de nuevo que el modelo físico es totalmente valido y certero.

7.8 EXPERIMENTACIÓN DE LOS FACTORES DE DISEÑO SELECCIONADOS

El objetivo de esta apartado es demostrar mediante ejercicios prácticos cómo y cuándo se puede utilizar cada uno de los factores de diseño seleccionados a fin de ser calibrados y modificados y así mejorar las condiciones lumínicas en el caso de estudio. De forma resumida, la elección de estos factores dependieron en gran medida del momento en que se puedan utilizar las herramientas, del grado de precisión que requiera en los estudios y evaluaciones o en su de defecto, la forma de presentar los resultados. Como se podrá apreciar, cada uno de los factores seleccionados a continuación tiene rasgos especiales que los distinguen de los demás, aunque algunos guardan cierta similitud debido a que parten del mismo principio, podemos afirmar que no son iguales en su procedimiento de aplicación y por lo tanto en los resultados que arrojan. Aunque cada uno de ellos es distinto y está destinado a un objetivo en particular se puede afirmar que todos de manera general, persiguen por lo menos uno de los siguientes aspectos: permitir la visualización del comportamiento lumínico de un espacio que utiliza luz natural, estimar valores de iluminancia, iluminancia o factor de luz de día, evaluar el grado de confort visual que se puede presentar en el espacio, determinar el potencial de ahorro de energía mediante el uso de luz natural, visualizar el comportamiento dinámico de la luz natural a lo largo de un periodo de tiempo.

7.8.1 FACTOR TRANSMITANCIAS

Las transmitancias de un cristal determinan en qué medida la luz diurna y el calor es introducido a cualquier espacio, como se vio en el 6.2.4.2 propiedades del material traslucido resulta inquietante e interesante encontrar el cristal adecuado para dejar pasar la mayoría de los rayos incidentes y detener el paso del calor al interior para ciertos casos. En nuestro caso de estudio nos enfocaremos al uso eficiente de la luz natural y para ello se seleccionaron 3 tipos de cristales (Tabla 76) para tener los rangos máximos, intermedios y bajos de transmisión luminosa, es decir, los cristales elegidos fueron del Grupo Vitro con las siguientes propiedades:

1) Cristal claro

Producto	Espesor	Transmisión solar		Reflexión solar		Propiedades térmicas	Ahorro de energía	Seguridad
		% Luz	% Calor	% Luz	% Calor			
Cristal claro	2-19 mm	87.8	77.2	8.4	7.3			*

2) Cristal Duovent clásico claro

Producto Duovent® Classic	Espesor	Transmisión solar		Reflexión solar		Propiedades térmicas	Acústico	Ahorro de energía	Seguridad
		% Luz	% Calor	% Luz	% Calor				
Claro+claro	6.00 Spacer 12.00 6.00	71	61	15	12	●	●	●	*

3) Cristal Reflectasol

Producto	Espesor	Transmisión solar		Reflexión solar		Propiedades térmicas	Acústico	Ahorro de energía	Seguridad
		% Luz	% Calor	% Luz	% Calor				
Reflectasol®	6.00	9.2-30.4	6.8-22.7	11.9-37.9	9.8-30.4	●		●	*

Tabla 76. Cristales a aplicar en el caso de estudio

El objetivo particular de este factor es: Determinar la reducción o ampliación en los valores de iluminancia actuales en relación a los datos de transmisión solar % proporcionados por la empresa Vitro para 3 tipos de cristales nuevos: Claro, Duovent (claro) y reflectasol (claros-control solar) de 6 mm, sin dejar de lado que el cristal actual que ya se midió en sitio y se simulo en el modelo físico cuenta con el 56% de transmitancia y ya se tiene el comportamiento lumínico. La metodología experimental que se siguió para este punto fue hacer las mediciones pertinentes con el modelo físico tridimensional apoyándose del reloj solar universal para equinoccios y solsticios a las 8, 12 y 16 horas obteniendo valores absolutos (LUX) y relativos (FLD) con las condiciones actuales de materiales y en trabajo de gabinete afectar esas mediciones que son el 100% de luz introducida al espacio por el porcentaje correspondiente de Transmisión solar % de los cristales elegidos, pues recordemos que la transmisión luminosa es el coeficiente que expresa el porcentaje de luz natural, en su espectro visible, que deja pasar un vidrio, a mayor coeficiente mayor cantidad de luz pasa a través del cristal.

7.8.1.1 CRISTAL CLARO. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de Inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de Inicio	10:30
Hora de termino	10:35
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO NUEVO 6 MM	0,878

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	365
MINIMO	299
MAXIMO	444

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	191	180	171			171	191	181
		4	5	6					
FINAL	9150	155	152	140			140	155	149
		7	8	9					
8 AM		141	196	149			141	196	162
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	220	299	348			220	348	289
		VALORES CRÍTICOS					140	348	195

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11220	493	466	458			458	493	472
		4	5	6					
FINAL	10400	430	415	372			372	430	406
		7	8	9					
12 PM		441	452	443			441	452	445
		10	11	12					
PROMEDIO	10810	482	501	511			482	511	498
		VALORES CRÍTICOS					372	511	455

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7850	431	412	402			402	431	415
		4	5	6					
FINAL	6590	369	349	303			303	369	340
		7	8	9					
4 PM		291	301	281			281	301	291
		10	11	12					
PROMEDIO	7220	358	378	403			358	403	380
		VALORES CRÍTICOS					281	431	357

Tabla 77. Niveles de iluminancia cristal claro-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 254. Niveles de iluminancia cristal claro-EQUINOCCIOS

Observaciones: Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 300-500 lux de manera constante. Es importante señalar que las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana, por la gran transmitancia de este cristal. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 365 lux con valores mínimos de 299 y máximos de 444 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mayor y se comporta mejor debido a la implementación de este factor.

7.8.1.2 CRISTAL CLARO. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	10:30
Hora de termino	10:35
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO NUEVO 6 MM	0,878

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,83
MINIMO	3,09
MAXIMO	4,72
UNIFORMIDAD	0,80

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8300	2,2	2,1	2,0			2,0	2,2	2,1	0,9
		4	5	6						
FINAL	9150	1,8	1,7	1,6			1,6	1,8	1,7	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,6	2,2	1,7			1,6	2,2	1,9	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	2,5	3,4	4,0			2,5	4,0	3,3	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,6	4,0	2,2	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11220	4,56	4,31	4,24			4,24	4,56	4,37	0,97
		4	5	6						
FINAL	10400	3,98	3,84	3,44			3,44	3,98	3,76	0,92
		7	8	9						
12 PM		4,08	4,18	4,09			4,08	4,18	4,12	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10810	4,46	4,64	4,73			4,46	4,73	4,61	0,97
		VALORES CRÍTICOS					3,44	4,73	4,21	0,82

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7850	5,971	5,703	5,57			5,57	5,97	5,75	0,97
		4	5	6						
FINAL	6590	5,107	4,84	4,195			4,20	5,11	4,71	0,89
		7	8	9						
4 PM		4,025	4,171	3,891			3,89	4,17	4,03	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	7220	4,962	5,241	5,582			4,96	5,58	5,26	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,89	5,97	4,94	0,79

Tabla 78. Porcentajes de Factor de Día cristal claro-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

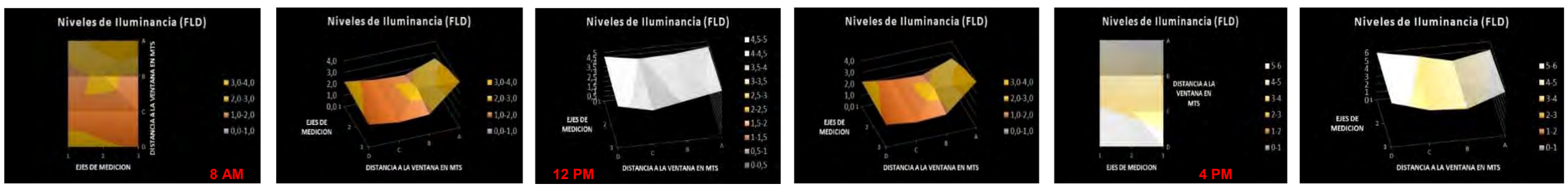


Figura 255. Porcentajes de Factor de Día cristal claro-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,83 % con valores mínimos de 3,09 % y máximos de 4,72 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 3-6%, y los mínimos de 1-2 por la mañana duplicando con relevancia las condiciones dentro del espacio donde los valores. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.1.3 CRISTAL CLARO. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO NUEVO 6 MM	0,878

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	364
MINIMO	285
MAXIMO	500

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9000	114	101	93,9			94	114	103
		4	5	6					
FINAL	9145	108	105	89,6			90	108	101
8 AM		7	8	9					
		378	355	373			355	378	368
		10	11	12					
PROMEDIO	9072,5	385	412	446			385	446	414
		VALORES CRÍTICOS					89,556	446,024	247

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
NICIAL	12570	474	461	457			456,56	474,12	464
		4	5	6					
INAL	11950	466	455	440			439,878	466,218	454
12 PM		7	8	9					
		484	502	492			483,778	502,216	493
		10	11	12					
ROMEDIO	12260	581	604	617			581,236	617,234	601
		VALORES CRÍTICOS					439,878	617,234	503

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
NICIAL	9240	368,8	343,3	339,8			339,786	368,76	351
		4	5	6					
FINAL	8100	355,6	343,3	338			338,03	355,59	346
4 PM		7	8	9					
		382,8	394,2	387,2			382,808	394,222	388
		10	11	12					
ROMEDIO	8670	469,7	489,9	517,1			469,73	517,142	492
		VALORES CRÍTICOS					338,03	517,142	394

Tabla 79. Niveles de iluminancia cristal claro-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D d Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D d Isolux**

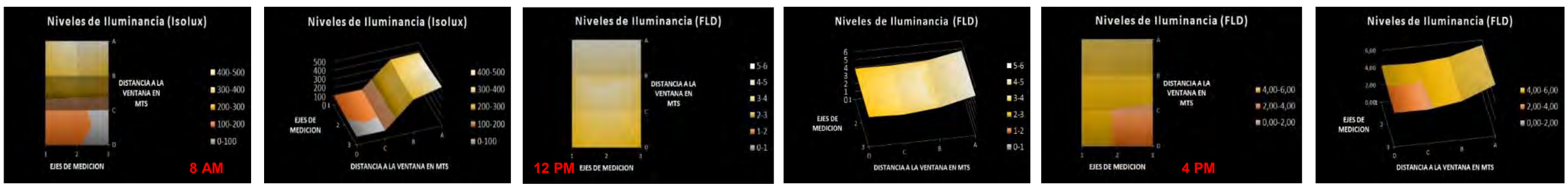


Figura 256. Niveles de iluminancia cristal claro-VERANO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con alta iluminancia donde el máximo nivel se presenta en el eje A por su cercanía a la fachada norte rondando los 300-500 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 10 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 364 lux con valores mínimos de 285 y máximos de 500 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.1.4 CRISTAL CLARO. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO NUEVO 6 MM	0,878

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,39
MINIMO	2,61
MAXIMO	4,73
UNIFORMIDAD	0,74

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9000	1,3	1,1	1,0			1,0	1,3	1,1	0,9
		4	5	6						
FINAL	9145	1,2	1,2	1,0			1,0	1,2	1,1	0,9
		7	8	9						
8 AM		4,2	3,9	4,1			3,9	4,2	4,1	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9072,5	4,2	4,5	4,9			4,2	4,9	4,6	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,0	4,9	2,7	0,4

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12570	3,87	3,76	3,72			3,72	3,87	3,78	0,98
		4	5	6						
FINAL	11950	3,8	3,71	3,59			3,59	3,80	3,70	0,97
		7	8	9						
12 PM		3,95	4,1	4,01			3,95	4,10	4,02	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	12260	4,74	4,93	5,03			4,74	5,03	4,90	0,97
		VALORES CRÍTICOS					3,59	5,03	4,10	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9240	4,25	3,96	3,92			3,92	4,25	4,04	0,97
		4	5	6						
FINAL	8100	4,10	3,96	3,90			3,90	4,10	3,99	0,98
		7	8	9						
4 PM		4,42	4,55	4,47			4,42	4,55	4,48	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8670	5,42	5,65	5,96			5,42	5,96	5,68	0,95
		VALORES CRÍTICOS					3,90	5,96	4,55	0,86

Tabla 80. Porcentajes de Factor de Día cristal claro-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

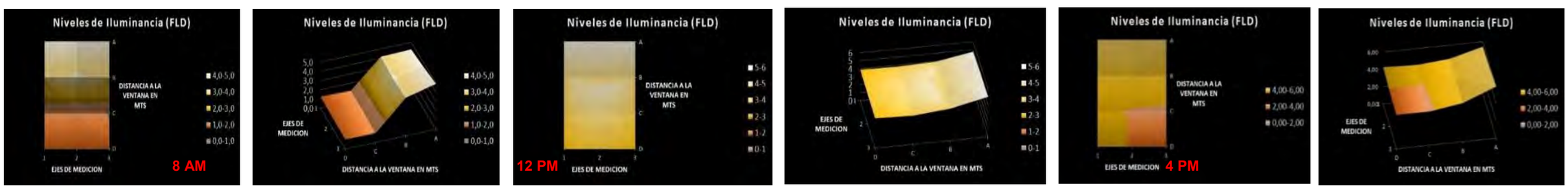


Figura 257. Porcentajes de Factor de Día cristal claro-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,39 % con valores mínimos de 2,61 % y máximos de 4,73 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 3-6%, y los mínimos de 1-2 por la mañana duplicando con relevancia las condiciones dentro del espacio donde los valores. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje D, al tener el acceso directo por ventana y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.1.5 CRISTAL CLARO. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO NUEVO 6 MM	0,878

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	263	273	230			230	273	255
		4	5	6					
FINAL	9050	185	169	162			162	185	172
8 AM		7	8	9					
		130	138	136			130	138	135
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	299	363	387			299	387	350
		VALORES CRÍTICOS					130	387	228

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10950	355	385	321			321	385	354
		4	5	6					
FINAL	10700	262	249	232			232	262	248
12 PM		7	8	9					
		201	233	204			201	233	212
		10	11	12					
PROMEDIO	10825	392	455	487			392	487	445
		VALORES CRÍTICOS					201	487	315

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	271
MINIMO	168
MAXIMO	448

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8050	250	249	232			232	250	244
		4	5	6					
FINAL	7150	176	169	149			149	176	165
4 PM		7	8	9					
		165	196	165			165	196	175
		10	11	12					
PROMEDIO	7600	334	401	447			334	447	394
		VALORES CRÍTICOS					149	447	244

Tabla 81. Niveles de iluminancia cristal claro-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 258. Niveles de Iluminancia cristal claro-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con alta iluminancia donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300-500 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 271 lux con valores mínimos de 168 y máximos de 448 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.1.6 CRISTAL CLARO. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,77
MINIMO	1,71
MAXIMO	4,62
UNIFORMIDAD	0,62

Tabla 82. Porcentajes de Factor de Día cristal claro-INVIERNO

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	3,0	3,1	2,6			2,6	3,1	2,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	9050	2,1	1,9	1,9			1,9	2,1	2,0	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,5	1,6	1,6			1,5	1,6	1,5	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	8700	3,4	4,2	4,5			3,4	4,5	4,0	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,5	4,5	2,6	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	10950	3,28	3,56	2,97			2,97	3,56	3,27	0,91
		4	5	6						
FINAL	10700	2,42	2,3	2,14			2,14	2,42	2,29	0,94
12 PM		7	8	9						
		1,86	2,15	1,88			1,86	2,15	1,96	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	10825	3,63	4,2	4,5			3,63	4,50	4,11	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,86	4,50	2,91	0,64

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8050	3,293	3,281	3,05			3,05	3,29	3,21	0,95
		4	5	6						
FINAL	7150	2,311	2,23	1,964			1,96	2,31	2,17	0,91
4 PM		7	8	9						
		2,172	2,576	2,172			2,17	2,58	2,31	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	7600	4,39	5,28	5,88			4,39	5,88	5,18	0,85
		VALORES CRÍTICOS					1,96	5,88	3,22	0,61

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

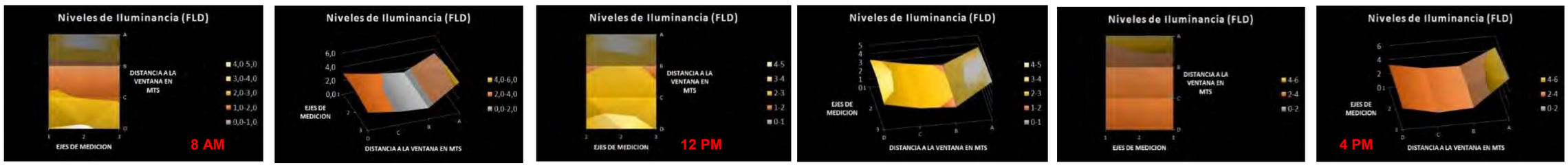


Figura 259. Porcentajes de Factor de Día cristal claro-INVIERNO

7.8.1.7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

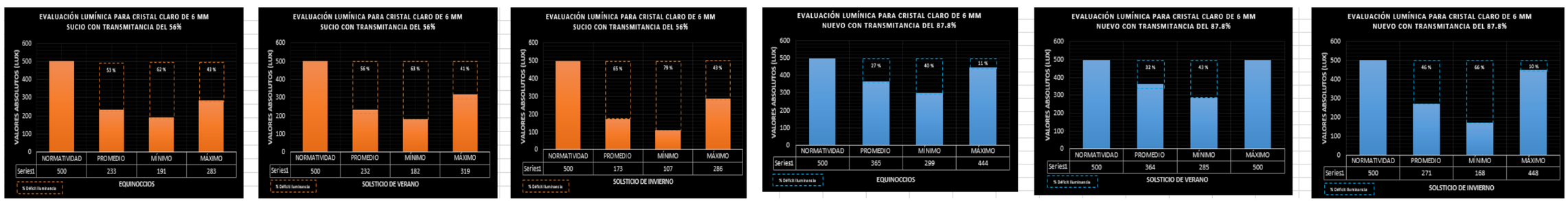


Figura 260. Resultados de cristal actual y cristal claro

Es notorio la importancia que tiene el uso de cristales claros con una transmitancia alta en cualquier proyecto arquitectónico puesto que ascienden demasiado los niveles lumínicos en cualquier época del año; en el caso base (sin estrategias) la mayor parte del año las condiciones existentes están bajo la zona de confort lumínica (de 300 a 500 lux) y por lo tanto resulta demasiado incomodo el realizar las actividades cotidianas para el tipo de usuario y genero de edificio. Con el uso de este cristal y de acuerdo a la orientación del inmueble el verano es la época en la que más niveles de iluminancia cuenta el espacio con valores máximos de 500 lux, el invierno con máximos de 443 lux y primavera con valores máximos de 444 lux. De acuerdo a la configuración del espacio, en el centro de local existe un decremento de la iluminación puesto que cuenta con sistemas bilaterales de iluminación; y la distribución de la luz es generalmente alta en la parte sur en temporadas de invierno y alta al norte en verano debido a las trayectorias solares. Comparando el caso base con los niveles necesarios para la realización de la actividad visual hay que recalcar que los niveles se encuentran por debajo todo el año y generalmente los niveles más bajos se encuentran de 8 am a 12 pm y todo esto puede provocar poco rendimiento y poca atención por los niños. Desafortunadamente los niveles de luz natural no se mantienen estables, pues se sabe que es una condición de la luz natural, pero con estas conclusiones se pretende definir como incrementar la iluminancia en el local. Se aposto por el uso de cristales nuevos claros para aumentar en gran porcentaje las condiciones lumínicas, sin embargo, es necesario enfatizar que estos tipos de cristales resultan conflictivos en la cuestión térmica, puesto que así como permite el ingreso de una gran cantidad de luz también permite el ingreso de una gran cantidad de energía térmica.

7.8.1.9 CRISTAL DUVONET. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	10:30
Hora de termino	10:35
Tipo de cristal	Transmitancia %
DUOVENT NUEVO 6 MM	0,71

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	295
MINIMO	242
MAXIMO	359

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	155	146	138			138	155	146
		4	5	6					
FINAL	9150	126	123	113			113	126	120
		7	8	9					
8 AM		114	158	121			114	158	131
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	178	242	281			178	281	234
		VALORES CRÍTICOS					113	281	158

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11220	398	377	371			371	398	382
		4	5	6					
FINAL	10400	348	336	301			301	348	328
		7	8	9					
12 PM		356	366	358			356	366	360
		10	11	12					
PROMEDIO	10810	390	405	413			390	413	403
		VALORES CRÍTICOS					301	413	368

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7850	349	333	325			325	349	336
		4	5	6					
FINAL	6590	298	283	245			245	298	275
		7	8	9					
4 PM		235	244	227			227	244	235
		10	11	12					
PROMEDIO	7220	290	306	326			290	326	307
		VALORES CRÍTICOS					227	349	288

Tabla 83. Niveles de iluminancia cristal Duovent-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 261. Niveles de iluminancia cristal Duovent-EQUINOCCIOS

Observaciones:

A partir de las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 300-400 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 295 lux con valores mínimos de 242 y máximos de 359 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mayor y se comporta mejor debido a la implementación de este factor.

7.8.1.10 CRISTAL DUVONET. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	10:30
Hora de termino	10:35
Tipo de cristal	Transmitancia %
DUOVENT NUEVO 6 MM	0,71

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8300	1,8	1,7	1,6			1,6	1,8	1,7	0,9
		4	5	6						
FINAL	9150	1,4	1,4	1,3			1,3	1,4	1,4	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,3	1,8	1,4			1,3	1,8	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	2,0	2,8	3,2			2,0	3,2	2,7	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,3	3,2	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11220	3,68	3,49	3,43			3,43	3,68	3,53	0,97
		4	5	6						
FINAL	10400	3,22	3,11	2,78			2,78	3,22	3,04	0,92
12 PM		7	8	9						
		3,3	3,38	3,31			3,30	3,38	3,33	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10810	3,61	3,75	3,82			3,61	3,82	3,73	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,78	3,82	3,41	0,82

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,10
MINIMO	2,50
MAXIMO	3,82
UNIFORMIDAD	0,80

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7850	4,828	4,612	4,504			4,50	4,83	4,65	0,97
		4	5	6						
FINAL	6590	4,13	3,914	3,393			3,39	4,13	3,81	0,89
		7	8	9						
4 PM		3,255	3,373	3,147			3,15	3,37	3,26	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	7220	4,012	4,238	4,514			4,01	4,51	4,25	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,15	4,83	3,99	0,79

Tabla 84. Porcentajes de Factor de Día cristal Duovent-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

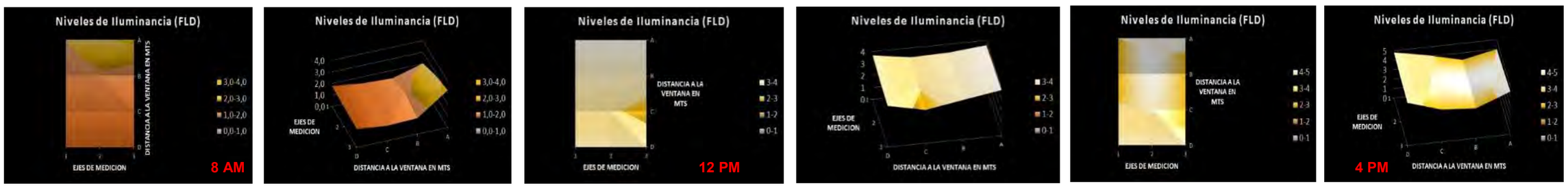


Figura 262. Porcentajes de Factor de Día cristal Duovent-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Es importante recalcar que al ser un cristal con una alta transmitancia permite el ingreso de la iluminación de manera constante donde el promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,10 % con valores mínimos de 2,50 % y máximos de 3,82 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2 por la mañana. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.1.11 CRISTAL DUVONET. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
DUOVENT NUEVO 6 MM	0,71

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	294
MINIMO	231
MAXIMO	404

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9000	92,3	81,7	76			76	92	83
		4	5	6					
FINAL	9145	87,3	85,2	72,4			72	87	82
		7	8	9					
8 AM		305	287	302			287	305	298
		10	11	12					
PROMEDIO	9072,5	311	333	361			311	361	335
		VALORES CRÍTICOS					72,42	360,68	199

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12570	383	373	369			369,2	383,4	375
		4	5	6					
FINAL	11950	377	368	356			355,71	377,01	367
		7	8	9					
12 PM		391	406	398			391,21	406,12	398
		10	11	12					
PROMEDIO	12260	470	488	499			470,02	499,13	486
		VALORES CRÍTICOS					355,71	499,13	407

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9240	298,2	277,6	274,8			274,77	298,2	284
		4	5	6					
FINAL	8100	287,6	277,6	273,4			273,35	287,55	280
		7	8	9					
4 PM		309,6	318,8	313,1			309,56	318,79	314
		10	11	12					
PROMEDIO	8670	379,9	396,2	418,2			379,85	418,19	398
		VALORES CRÍTICOS					273,35	418,19	319

Tabla 85. Niveles de iluminancia cristal Duovent-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

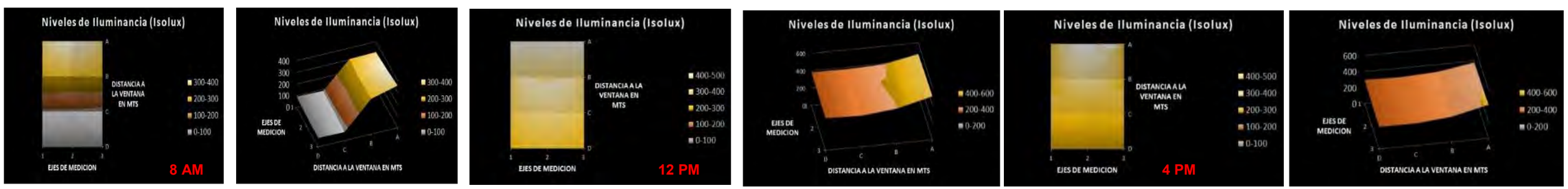


Figura 263. Niveles de iluminancia cristal Duovent-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 10 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 294 lux con valores mínimos de 231 y máximos de 404 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.1.12 CRISTAL DUVONET. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
DUOVENT NUEVO 6 MM	0,71

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,74
MINIMO	2,11
MAXIMO	3,82
UNIFORMIDAD	0,74

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9000	1,0	0,9	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	9145	1,0	0,9	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
8 AM		7	8	9						
		3,4	3,2	3,3			3,2	3,4	3,3	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9072,5	3,4	3,7	4,0			3,4	4,0	3,7	0,9
		VALORES CRÍTICOS					0,8	4,0	2,2	0,4

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12570	3,13	3,04	3,01			3,01	3,13	3,06	0,98
		4	5	6						
FINAL	11950	3,08	3	2,9			2,90	3,08	2,99	0,97
12 PM		7	8	9						
		3,19	3,31	3,24			3,19	3,31	3,25	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	12260	3,83	3,98	4,07			3,83	4,07	3,96	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,90	4,07	3,32	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9240	3,44	3,20	3,17			3,17	3,44	3,27	0,97
		4	5	6						
FINAL	8100	3,32	3,20	3,15			3,15	3,32	3,22	0,98
4 PM		7	8	9						
		3,57	3,68	3,61			3,57	3,68	3,62	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8670	4,38	4,57	4,82			4,38	4,82	4,59	0,95
		VALORES CRÍTICOS					3,15	4,82	3,68	0,86

Tabla 86. Porcentajes de Factor de Día cristal Duovent-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

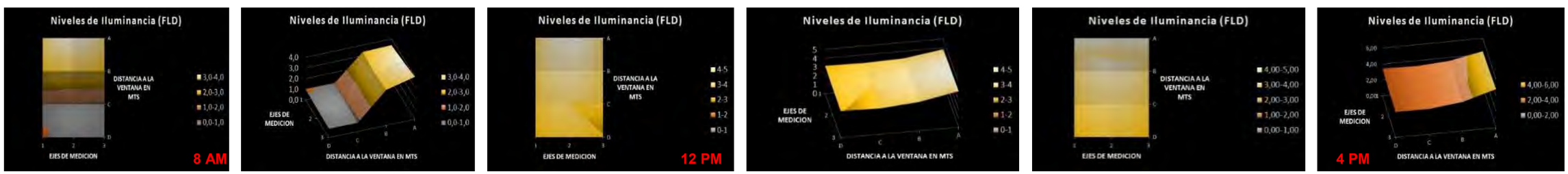


Figura 264. Porcentajes de Factor de Día cristal Duovent-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,74 % con valores mínimos de 2,11 % y máximos de 3,82 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2 por la mañana. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje D con valores que rondan de 3-5, al tener el acceso directo por ventana y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9 con valores alrededor del 1 al 4.

7.8.1.13 CRISTAL DUVONET. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
DUOVENT NUEVO 6 MM	0,71

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	219
MINIMO	136
MAXIMO	362

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	213	221	186			186	221	207
		4	5	6					
FINAL	9050	150	137	131			131	150	139
8 AM		7	8	9					
		105	111	110			105	111	109
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	242	294	313			242	313	283
		VALORES CRÍTICOS					105	313	184

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10950	287	312	260			260	312	286
		4	5	6					
FINAL	10700	212	202	187			187	212	200
12 PM		7	8	9					
		163	188	165			163	188	172
		10	11	12					
PROMEDIO	10825	317	368	394			317	394	360
		VALORES CRÍTICOS					163	394	254

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8050	202	202	187			187	202	197
		4	5	6					
FINAL	7150	142	137	121			121	142	133
4 PM		7	8	9					
		133	158	133			133	158	142
		10	11	12					
PROMEDIO	7600	270	324	361			270	361	319
		VALORES CRÍTICOS					121	361	198

Tabla 87. Niveles de iluminancia cristal Duovent-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

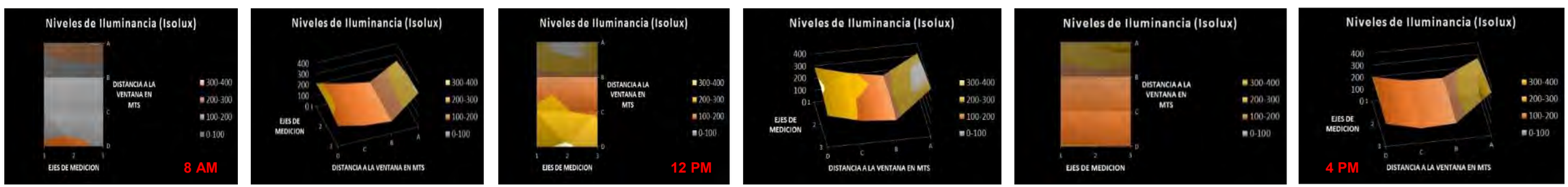


Figura 265. Nivel de iluminancia cristal Duovent-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con alta iluminancia donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 200-400 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 219 lux con valores mínimos de 136 y máximos de 362 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.1.14 CRISTAL DUVONET. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,24
MINIMO	1,38
MAXIMO	3,73
UNIFORMIDAD	0,62

Tabla 88. Porcentajes de Factor de Día cristal Duovent-INVIERNO

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		8350	2,4	2,5	2,1			2,1	2,5	2,4	0,9
			4	5	6						
FINAL	8 AM	9050	1,7	1,6	1,5			1,5	1,7	1,6	0,9
			7	8	9						
			1,2	1,3	1,3			1,2	1,3	1,3	1,0
			10	11	12						
PROMEDIO		8700	2,8	3,4	3,6			2,8	3,6	3,3	0,9
			VALORES CRÍTICOS					1,2	3,6	2,1	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		10950	2,65	2,88	2,4			2,40	2,88	2,64	0,91
			4	5	6						
FINAL	12 PM	10700	1,95	1,86	1,73			1,73	1,95	1,85	0,94
			7	8	9						
			1,5	1,74	1,52			1,50	1,74	1,59	0,95
			10	11	12						
PROMEDIO		10825	2,93	3,4	3,64			2,93	3,64	3,32	0,88
			VALORES CRÍTICOS					1,50	3,64	2,35	0,64

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		8050	2,663	2,653	2,466			2,47	2,66	2,59	0,95
			4	5	6						
FINAL	4 PM	7150	1,868	1,803	1,588			1,59	1,87	1,75	0,91
			7	8	9						
			1,756	2,083	1,756			1,76	2,08	1,87	0,94
			10	11	12						
PROMEDIO		7600	3,55	4,269	4,755			3,55	4,76	4,19	0,85
			VALORES CRÍTICOS					1,59	4,76	2,60	0,61

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

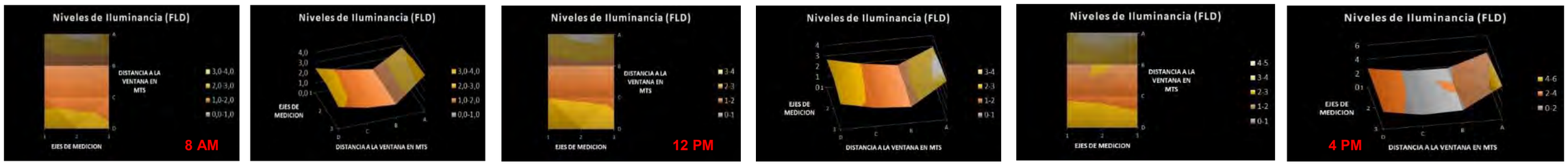


Figura 266. Porcentajes de Factor de Día cristal Duovent-INVIERNO

7.8.1.15 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

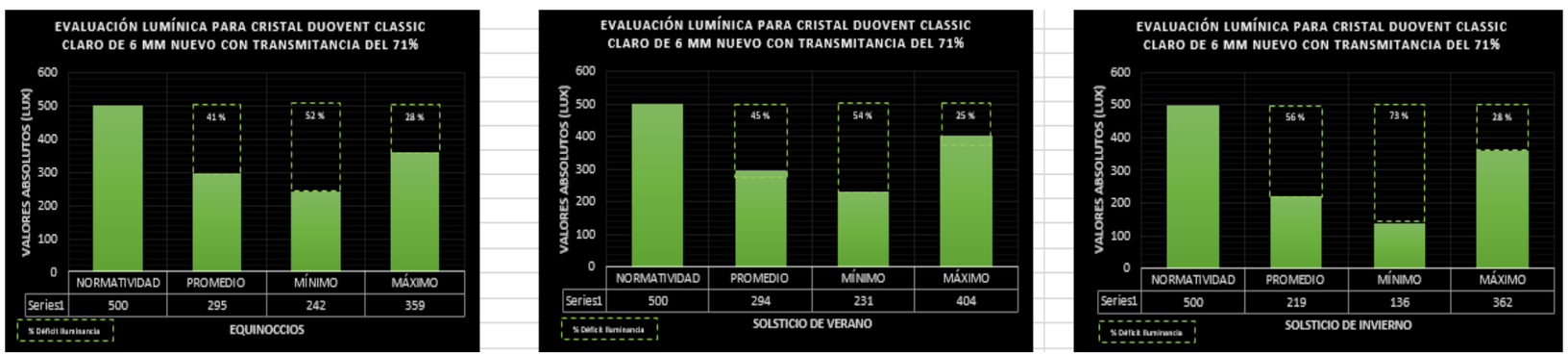


Figura 267. Resultados cristal Duovent

El cristal elegido en este punto remarca una vez más la importancia que tiene el uso de cristales con transmitancias altas en cualquier género de edificio, que aunque no incrementa los niveles lumínicas tanto como el cristal claro, es digno de considerar puesto que en comparativa con el caso base (sin estrategias) la mayor parte del año las condiciones existentes están bajo la zona de confort lumínica (de 300 a 500 lux). De acuerdo a la orientación del inmueble, de nuevo, el verano es la época en la que más niveles de iluminancia cuenta el espacio con valores máximos de 404 lux, el invierno con máximos de 362 lux y primavera con valores máximos de 359 lux. La distribución de la luz es generalmente alta en la parte sur en temporadas de invierno y alta al norte en verano debido a las trayectorias solares. Aunque sabemos que desafortunadamente los niveles de luz natural no se mantienen estables, es bueno considerar y tener el conocimiento de los tipos de cristales que se pueden implementar en la arquitectura. Es necesario considerar que la transmitancia proporcionada por el fabricante es para un cristal totalmente nuevo, recordemos que con el paso del tiempo esta propiedad se va deteriorando y baja considerablemente su utilidad tanto por falta de mantenimiento y limpieza como por las propiedades mismas del producto utilizado.

7.8.1.16 CRISTAL REFLECTASOL. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	10:30
Hora de termino	10:35
Tipo de cristal	Transmitancia %
REFLECTASOL NUEVO 6 MM	0,304

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	126
MINIMO	103
MAXIMO	154

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	66,3	62,3	59,3			59	66	63
		4	5	6					
FINAL	9150	54	53	48			48	54	52
8 AM		7	8	9					
		49	68	52			49	68	56
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	76	104	120			76	120	100
		VALORES CRÍTICOS					48	120	68

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11220	171	161	159			159	171	164
		4	5	6					
FINAL	10400	149	144	129			129	149	141
12 PM		7	8	9					
		153	157	153			153	157	154
		10	11	12					
PROMEDIO	10810	167	174	177			167	177	172
		VALORES CRÍTICOS					129	177	158

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7850	149	143	139			139	149	144
		4	5	6					
FINAL	6590	128	121	105			105	128	118
4 PM		7	8	9					
		101	104	97			97	104	101
		10	11	12					
PROMEDIO	7220	124	131	140			124	140	132
		VALORES CRÍTICOS					97	149	123

Tabla 89. Niveles de iluminancia cristal Reflectasol-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

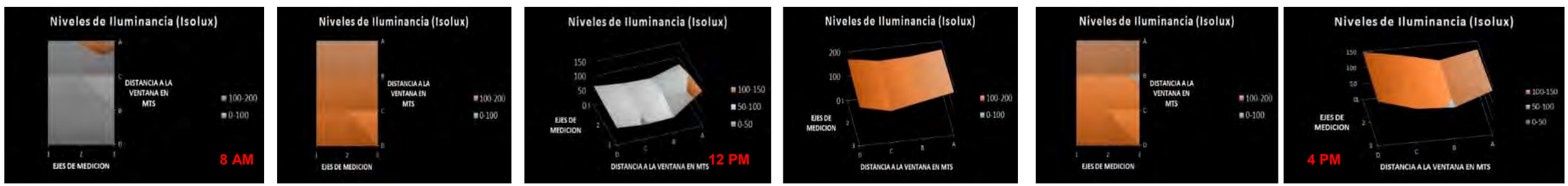


Figura 268. Niveles de iluminancia cristal Reflectasol-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Un cristal de control solar con una muy baja transmitancia es digno de analizarse para el caso de estudio. Generalmente todo el día cuenta con condiciones desfavorables, en la mañana presenta las condiciones más insuficientes encareciendo el espacio teniendo valores por debajo de los 200 lux, los niveles más altos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 100-200 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 126 lux con valores mínimos de 103 y máximos de 154 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mucho mejor y se comporta muy mal debido a la implementación de este tipo de cristal.

7.8.1.17 CRISTAL REFLECTASOL. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	4
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	155
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Dia juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	10:30
Hora de termino	10:35
Tipo de cristal	Transmitancia %
REFLECTASOL NUEVO 6 MM	0,304

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	1,33
MINIMO	1,07
MAXIMO	1,63
UNIFORMIDAD	0,80

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8300	0,8	0,7	0,7			0,7	0,8	0,7	0,9
		4	5	6						
FINAL	9150	0,6	0,6	0,6			0,6	0,6	0,6	0,9
8 AM		7	8	9						
		0,6	0,8	0,6			0,6	0,8	0,6	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	0,9	1,2	1,4			0,9	1,4	1,1	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,6	1,4	0,8	0,7

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11220	1,58	1,49	1,47			1,47	1,58	1,51	0,97
		4	5	6						
FINAL	10400	1,38	1,33	1,19			1,19	1,38	1,30	0,92
12 PM		7	8	9						
		1,41	1,45	1,42			1,41	1,45	1,43	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10810	1,54	1,61	1,64			1,54	1,64	1,60	0,97
		VALORES CRÍTICOS					1,19	1,64	1,46	0,82

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7850	2,067	1,975	1,928			1,93	2,07	1,99	0,97
		4	5	6						
FINAL	6590	1,768	1,676	1,453			1,45	1,77	1,63	0,89
4 PM		7	8	9						
		1,394	1,444	1,347			1,35	1,44	1,40	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	7220	1,718	1,815	1,933			1,72	1,93	1,82	0,94
		VALORES CRÍTICOS					1,35	2,07	1,71	0,79

Tabla 90. Porcentajes de Factor de Día cristal Reflectasol-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

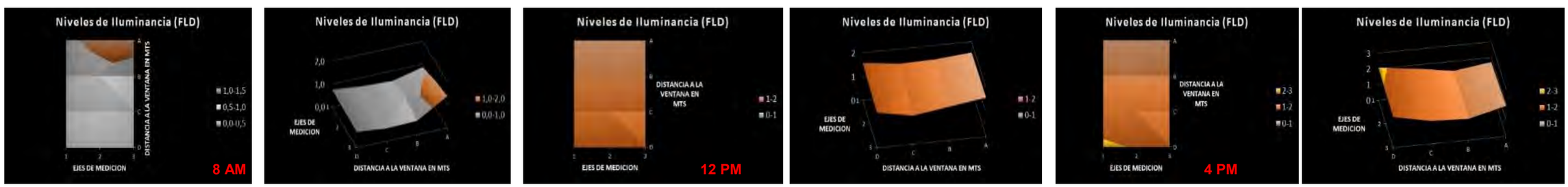


Figura 269. Porcentajes de Factor de Día cristal Reflectasol-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Es importante recalcar que al ser un cristal con una baja transmitancia permite el ingreso de la iluminación de manera muy pobre donde el promedio registrado en todo el monitoreo es de 1,33 % con valores mínimos de 1,07 % y máximos de 1,63 %, con condiciones nada recomendables al minimizar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-2%, y los mínimos de 0-1 por la mañana. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.1.18 CRISTAL REFLECTASOL. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
REFLECTASOL NUEVO 6 MM	0,304

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9000	39,5	35	32,5			33	40	36
		4	5	6					
FINAL	9145	37,4	36,5	31			31	37	35
8 AM		7	8	9					
		131	123	129			123	131	128
		10	11	12					
PROMEDIO	9072,5	133	143	154			133	154	143
		VALORES CRÍTICOS					31,008	154,432	85

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12570	164	160	158			158,08	164,16	161
		4	5	6					
FINAL	11950	161	157	152			152,304	161,424	157
12 PM		7	8	9					
		168	174	170			167,504	173,888	171
		10	11	12					
PROMEDIO	12260	201	209	214			201,248	213,712	208
		VALORES CRÍTICOS					152,304	213,712	174

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	126
MINIMO	99
MAXIMO	173

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9240	127,7	118,9	117,6			117,648	127,68	121
		4	5	6					
FINAL	8100	123,1	118,9	117			117,04	123,12	120
4 PM		7	8	9					
		132,5	136,5	134,1			132,544	136,496	134
		10	11	12					
PROMEDIO	8670	162,6	169,6	179,1			162,64	179,056	170
		VALORES CRÍTICOS					117,04	179,056	136

Tabla 91. Niveles de iluminancia cristal Reflectasol-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

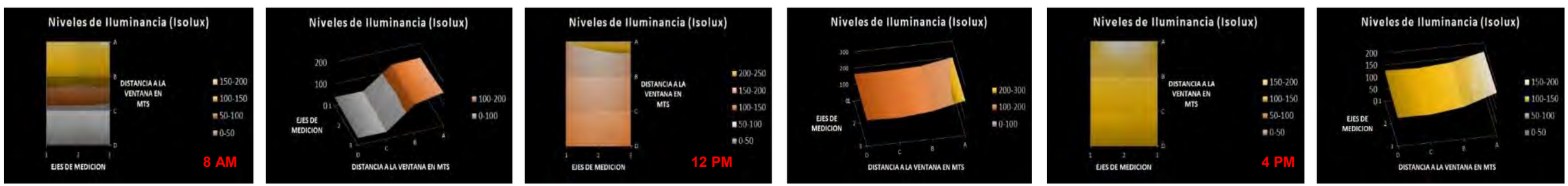


Figura 270. Niveles de Iluminancia cristal Reflectasol-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 10 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 126 lux con valores mínimos de 99 y máximos de 173 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando ligeramente las condiciones del espacio.

7.8.1.19 CRISTAL REFLECTASOL. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	5
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	156
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
REFLECTASOL NUEVO 6 MM	0,304

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	1,17
MINIMO	0,90
MAXIMO	1,64
UNIFORMIDAD	0,74

8 AM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9000	0,4	0,4	0,4			0,4	0,4	0,4	0,9
		4	5	6						
FINAL	9145	0,4	0,4	0,3			0,3	0,4	0,4	0,9
		7	8	9						
		1,4	1,4	1,4			1,4	1,4	1,4	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9072,5	1,5	1,6	1,7			1,5	1,7	1,6	0,9
		VALORES CRÍTICOS					0,3	1,7	0,9	0,4

12 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12570	1,34	1,3	1,29			1,29	1,34	1,31	0,98
		4	5	6						
FINAL	11950	1,32	1,28	1,24			1,24	1,32	1,28	0,97
		7	8	9						
		1,37	1,42	1,39			1,37	1,42	1,39	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	12260	1,64	1,71	1,74			1,64	1,74	1,70	0,97
		VALORES CRÍTICOS					1,24	1,74	1,42	0,87

4 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9240	1,47	1,37	1,36			1,36	1,47	1,40	0,97
		4	5	6						
FINAL	8100	1,42	1,37	1,35			1,35	1,42	1,38	0,98
		7	8	9						
		1,53	1,57	1,55			1,53	1,57	1,55	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8670	1,88	1,96	2,07			1,88	2,07	1,97	0,95
		VALORES CRÍTICOS					1,35	2,07	1,57	0,86

Tabla 92. Porcentajes de Factor de Día cristal Reflectasol-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

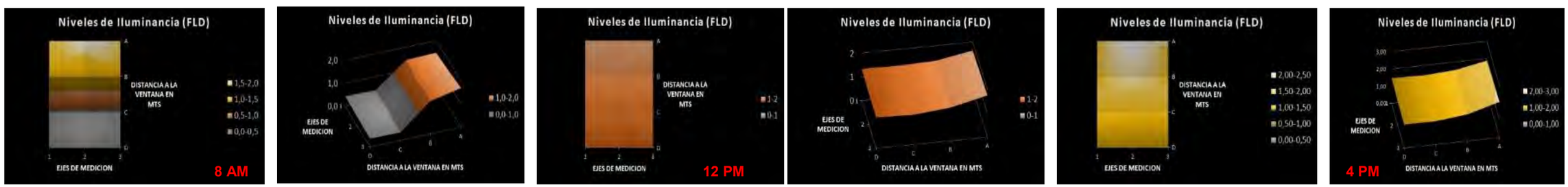


Figura 271. Porcentajes de Factor de Día cristal Reflectasol-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 1,17 % con valores mínimos de 0,90 % y máximos de 1,64 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-3%, y los mínimos de 0-1 por la mañana. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje D con valores de 2, al tener el acceso directo por ventana y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9 con valores cerca de la unidad.

7.8.1.20 CRISTAL REFLECTASOL. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
REFLECTASOL NUEVO 6 MM	0,304

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	94
MINIMO	58
MAXIMO	155

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	91,2	94,5	79,6			80	95	88
		4	5	6					
FINAL	9050	64,1	58,7	55,9			56	64	60
8 AM		7	8	9					
		45	47,7	47,1			45	48	47
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	104	126	134			104	134	121
		VALORES CRÍTICOS					45	134	79

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10950	123	133	111			111	133	123
		4	5	6					
FINAL	10700	90,6	86,3	80,3			80	91	86
12 PM		7	8	9					
		69,6	80,6	70,5			70	81	74
		10	11	12					
PROMEDIO	10825	136	157	169			136	169	154
		VALORES CRÍTICOS					70	169	109

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8050	87	86	80			80	87	84
		4	5	6					
FINAL	7150	61	59	52			52	61	57
4 PM		7	8	9					
		57	68	57			57	68	61
		10	11	12					
PROMEDIO	7600	116	139	155			116	155	136
		VALORES CRÍTICOS					52	155	85

Tabla 93. Niveles de iluminancia cristal Reflectasol-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

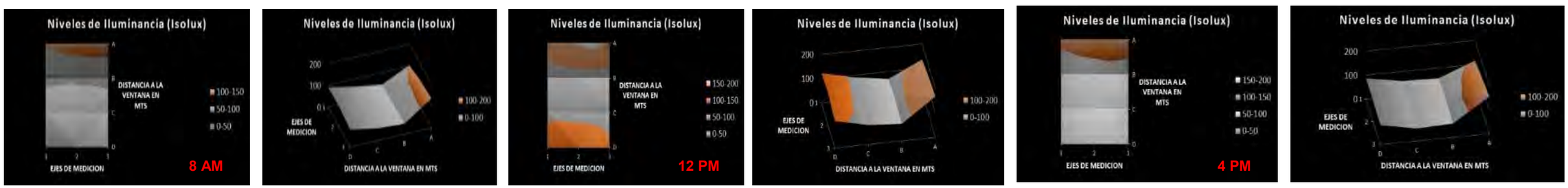


Figura 272. Nivel de iluminancia cristal Reflectasol-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 200 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 94 lux con valores mínimos de 58 y máximos de 155 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.1.21 CRISTAL REFLECTASOL. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 / 12 / 16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
REFLECTASOL NUEVO 6 MM	0,304

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	0,96
MINIMO	0,59
MAXIMO	1,60
UNIFORMIDAD	0,62

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	1,0	1,1	0,9			0,9	1,1	1,0	0,9
		4	5	6						
FINAL	9050	0,7	0,7	0,6			0,6	0,7	0,7	0,9
8 AM		7	8	9						
		0,5	0,5	0,5			0,5	0,5	0,5	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	8700	1,2	1,4	1,5			1,2	1,5	1,4	0,9
		VALORES CRÍTICOS					0,5	1,5	0,9	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	10950	1,13	1,23	1,03			1,03	1,23	1,13	0,91
		4	5	6						
FINAL	10700	0,84	0,8	0,74			0,74	0,84	0,79	0,94
12 PM		7	8	9						
		0,64	0,74	0,65			0,64	0,74	0,68	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	10825	1,26	1,45	1,56			1,26	1,56	1,42	0,88
		VALORES CRÍTICOS					0,64	1,56	1,01	0,64

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8050	1,14	1,136	1,056			1,06	1,14	1,11	0,95
		4	5	6						
FINAL	7150	0,8	0,772	0,68			0,68	0,80	0,75	0,91
4 PM		7	8	9						
		0,752	0,892	0,752			0,75	0,89	0,80	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	7600	1,52	1,828	2,036			1,52	2,04	1,79	0,85
		VALORES CRÍTICOS					0,68	2,04	1,11	0,61

Tabla 94. Porcentajes de Factor de Día cristal Reflectasol-INVIERNO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 273. Porcentajes de Factor de Día cristal Reflectasol-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 0,96 % con valores mínimos de 0,59 % y máximos de 1,60 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 0-2%. Es notorio que el uso de este cristal pone en evidencia la reducción significativa de las condiciones lumínicas en el espacio, por lo que se recomienda descartar el uso de este cristal para las condiciones actuales del caso de estudio.

Figura 274. Registro fotográfico simulación factor transmitancias

7.8.1.22 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

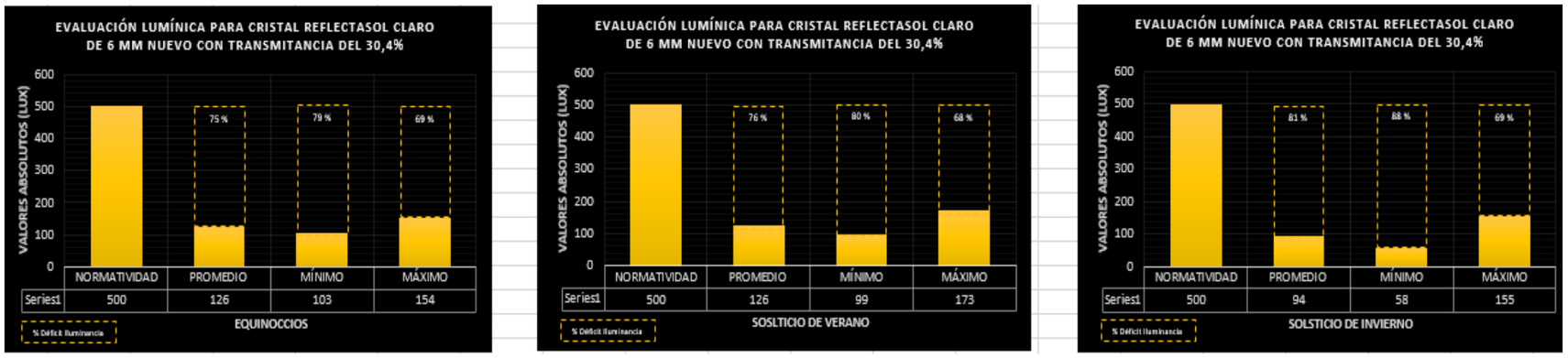
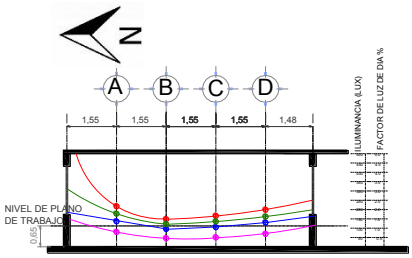
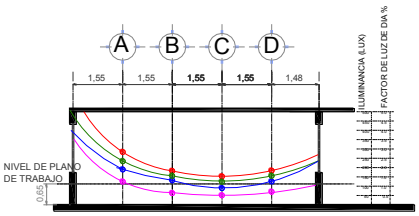
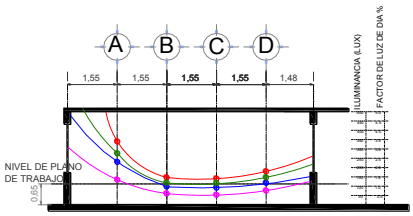


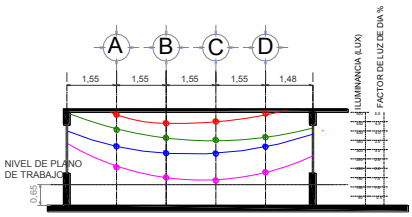
Figura 275. Resultados cristal Reflectasol

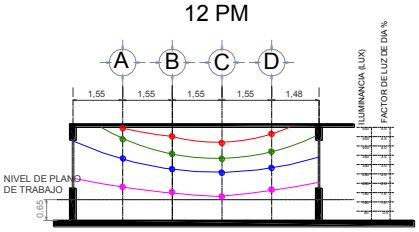
Este tipo de cristal de alta tecnología resulta bastante interesante si lo primordial es el ahorro energético en cuanto a calefacción y enfriamiento de los espacios pues con su poco transmitancia permite el poco ingreso de la luz solar y por lo tanto poca energía térmica transmitida al edificio. Resulta vital decir que si en el caso base (sin estrategias) la mayor parte del año las condiciones existentes están bajo la zona de confort lumínica (de 300 a 500 lux) Con el uso de este cristal se empeoraran las condiciones pues reduce significativamente la incidencia solar ya que de acuerdo a la orientación del inmueble en verano que es la época en la que más niveles de iluminancia se cuentan con valores máximos de 173 lux, en invierno con máximos de 155 lux y primavera con valores máximos de 154 lux. Ya que los niveles de luz natural no se mantienen estables, pues se sabe que es una condición de la luz natural, se empeora la situación con el uso de estos cristales al reducir significativamente los niveles. Se usó este tipo de cristal por el uso de cristal para conocer el comportamiento que tendría nuestro caso de estudio y así determinar que opción es viable y cual no. Es necesario colocar en la balanza por una parte cuestiones lumínicas, térmicas y sobre todo la economía, una mala elección resultara conflictiva en cualquier ámbito, para nuestro caso de estudio, necesitamos transmitancias altas y esto puede dar pie a nuevas líneas de investigación, encontrar el equilibrio idóneo entre cargas térmicas y niveles lumínicos enfocados a un fin.

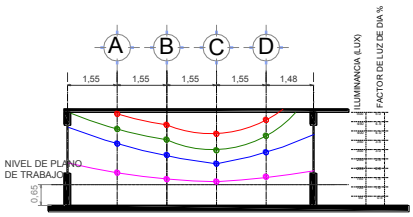


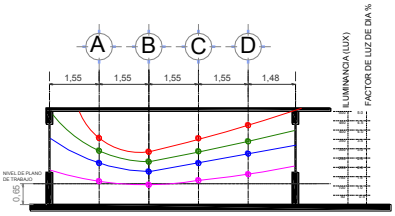


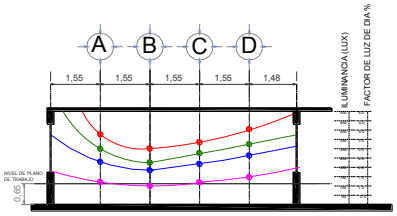


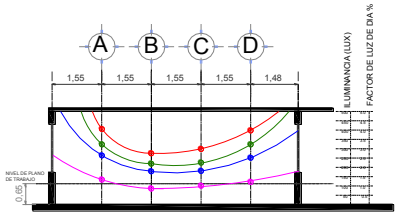


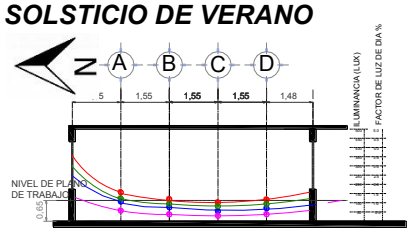


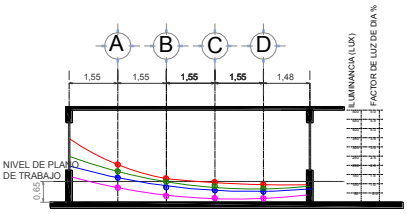


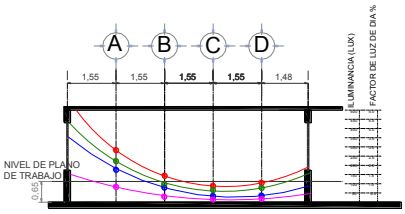


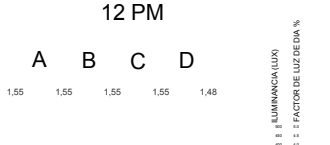












7.8.1.23 RESULTADOS Y CONCLUSIONES-FACTOR TRANSMITANCIAS

Una vez obtenidos los resultados de todas las simulaciones estacionales horarias en valores lux y de factor de luz de día, se muestran a continuación en corte de manera comparativa los 4 cristales implicados en este proyecto de investigación por medio del “Gradiente de distribución lumínica” tanto a nivel absoluto como relativo para observar el comportamiento lumínico en el caso de estudio.

CRISTAL CLARO 87.8%
CRISTAL DUOVENT 71%
CRISTAL ACTUAL 56%
CRISTAL REFLECTASOL 30.4%

EQUINOCCIOS

8 AM

EJE 1 EJE 2 EJE 3

12 PM

EJE 1 EJE 2 EJE 3

16 PM

EJE 1 EJE 2 EJE 3

SOLSTICIO DE VERANO

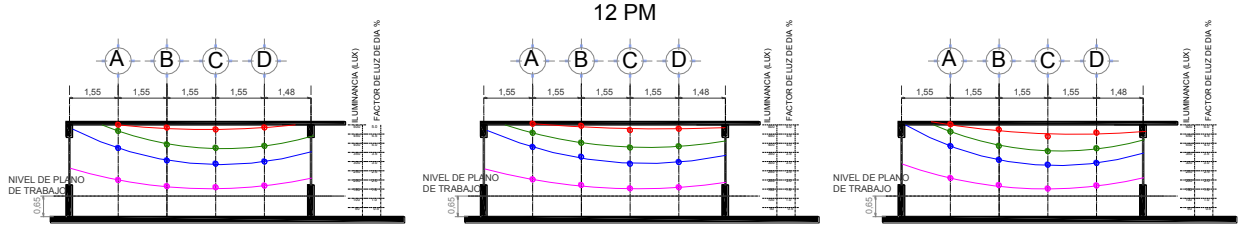
8 AM

EJE 1 EJE 2 EJE 3

12 PM

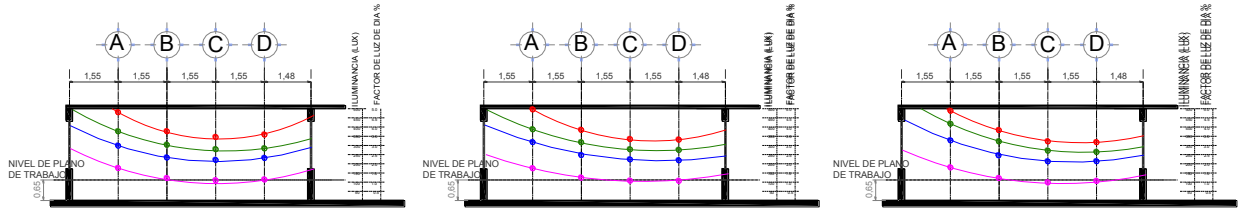
EJE 1 EJE 2 EJE 3

12 PM



EJE 1 EJE 2 EJE 3

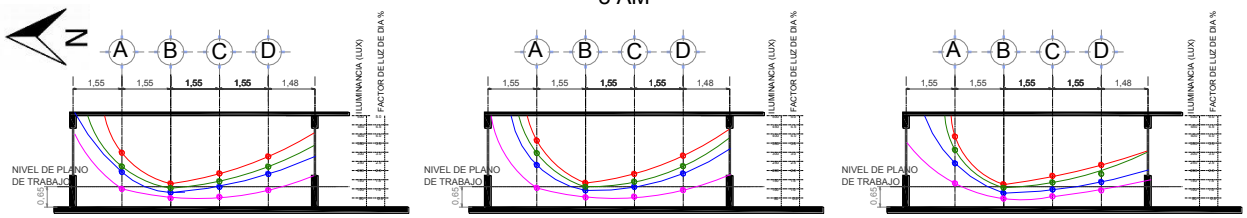
16 PM



EJE 1 EJE 2 EJE 3

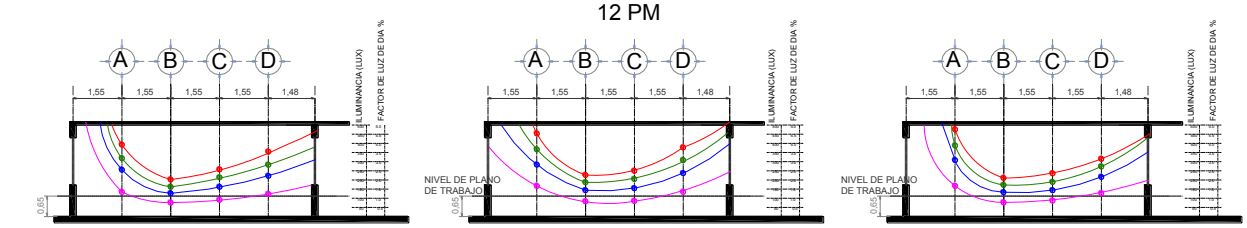
SOLSTICIO DE INVIERNO

8 AM



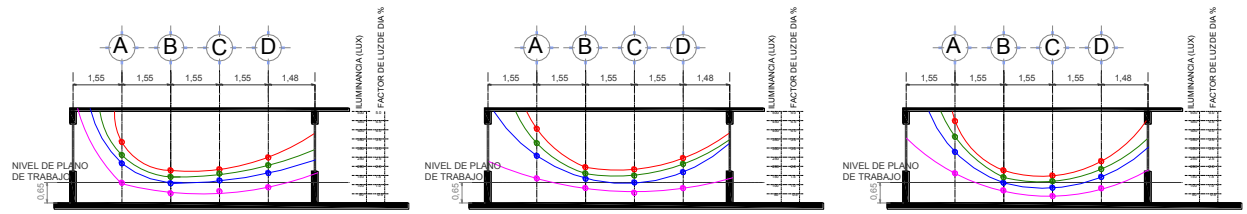
EJE 1 EJE 2 EJE 3

12 PM



EJE 1 EJE 2 EJE 3

16 PM



EJE 1 EJE 2 EJE 3

A continuación se muestra en las siguientes figuras los resultados definitivos en comparativa a lo que marca el reglamento abarcando al caso más alto de 500 lux, en valores promedios, mínimos, máximos y por estaciones del año, comparando todos los cristales usados en este apartado del proyecto de investigación.

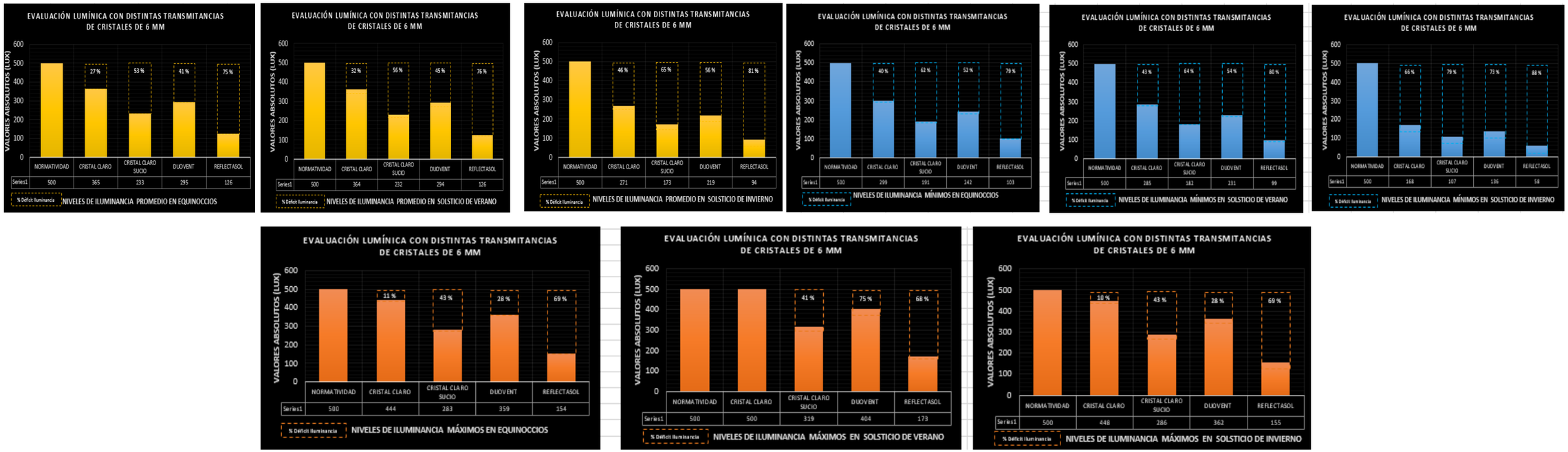


Figura 276. Resultados cristales

Con estas comparativas de manera anual se muestra un panorama amplio del uso de este factor y su implementación como estrategia de diseño en el caso de estudio y mejorar así las condiciones lumínicas. Reinterpretando estos datos de manera lógica y sencilla es obvio lo sobresaliente que tiene el uso de cristales claros con una transmitancia alta en cualquier proyecto arquitectónico puesto que ascienden demasiado los niveles lumínicos en cualquier época del año; en el caso base (sin estrategias) la mayor parte del año las condiciones existentes están bajo la zona de confort lumínica (de 300 a 500 lux) y con el uso de este cristal y de acuerdo a la orientación del inmueble el verano es la época en la que más niveles de iluminancia cuenta el espacio con valores máximos de 500 lux, el invierno con máximos de 443 lux y primavera con valores máximos de 444 lux siendo esta la opción más válida y la más acertada. Con cristales Duovent llegamos a obtener niveles lumínicos máximos en verano de 404, en invierno 362 lux y primavera 359 siendo este el caso promedio a utilizar mientras que el caso más desfavorable es el reflectasol con valores máximos en verano de 171 lux, en invierno 155 y primavera 154 lux.

Por lo tanto de manera general sin importar que cristal se ocupe, de acuerdo a la configuración del espacio, en el centro de local existe un decremento de la iluminación puesto que cuenta con sistemas bilaterales de iluminación; y la distribución de la luz es generalmente alta en la parte sur en temporadas de invierno y alta al norte en verano debido a las trayectorias solares.

Comparando el caso base con los niveles necesarios para la realización de la actividad visual hay que recalcar que los niveles se encuentran por debajo todo el año y generalmente los niveles más bajos se encuentran de 8 am a 12 pm. Los niveles de luz natural no se mantienen estables, por lo tanto, con estas conclusiones se pretende implementar esta primera estrategia de diseño de iluminación natural para incrementar la iluminancia con la mejor opción (cristal claro). Se aposto por esta mejor opción, sin embargo, no está de más recalcar y enfatizar que estos tipos de cristales resultan desfavorables en cuestiones térmicas, puesto que así como permite el ingreso de una gran cantidad de luz también permite el ingreso de una gran cantidad de energía térmica. Es necesario que se esté consciente y se coloque en la balanza la cuestión lumínica, térmica y de costo, una mala elección puede acarrear más problemas teniendo en consideración en la otra mano el factor mantenimiento, ya que con el paso del tiempo la transmitancia se va deteriorando y reduciendo significativamente esa propiedad que viene de fábrica.

7.8.2 FACTOR REFLECTANCIAS

Las reflectancias juegan un papel decisivo en el aprovechamiento de la luz diurna de cualquier espacio, ya que de estos depende como, cuando y hasta donde llegue la luz incidente, es decir, si se tienen valores muy bajos la luz será escasamente reflejada, mientras que si se usan valores muy altos puede llegar a causar molestias y serios deslumbramientos, por lo tanto, es importante considerar las propiedades ópticas de los materiales enfocados a un objetivo, aprovechar al máximo la luz natural teniendo condiciones óptimas de confort visual. El objetivo particular de este factor es: Identificar el potencial de deslumbramiento y brillantez a fin de determinar un índice de recomendaciones óptimas de reflectancias en plafones y muros con las siguientes combinaciones de materiales:

1) Combinación 1 (Plafón con alta reflectancia + Muros con alta reflectancia + Piso actual)
2) Combinación 2 (Plafón con alta reflectancia + Muros con media reflectancia + Piso actual)
3) Combinación 3 (Plafón con alta reflectancia + Muros con baja reflectancia + Piso actual)
4) Combinación 4 (Plafón con media reflectancia + Muros con alta reflectancia + Piso actual)
5) Combinación 5 (Plafón con baja reflectancia + Muros con alta reflectancia + Piso actual)

En primera instancia se decidió determinar las reflectancias altas, bajas y medias de los materiales para materiales lisos por medio de la caja negra de reflectancias (Figura 277) y teniendo como resultado a seguir en el modelo físico los siguientes esquemas (Figura 278).

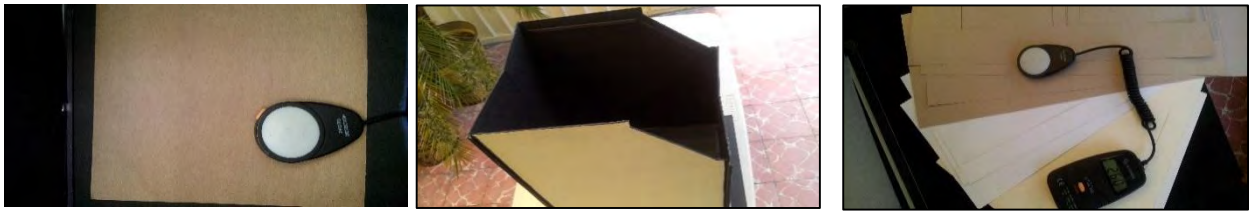


Figura 277. Toma de reflectancias

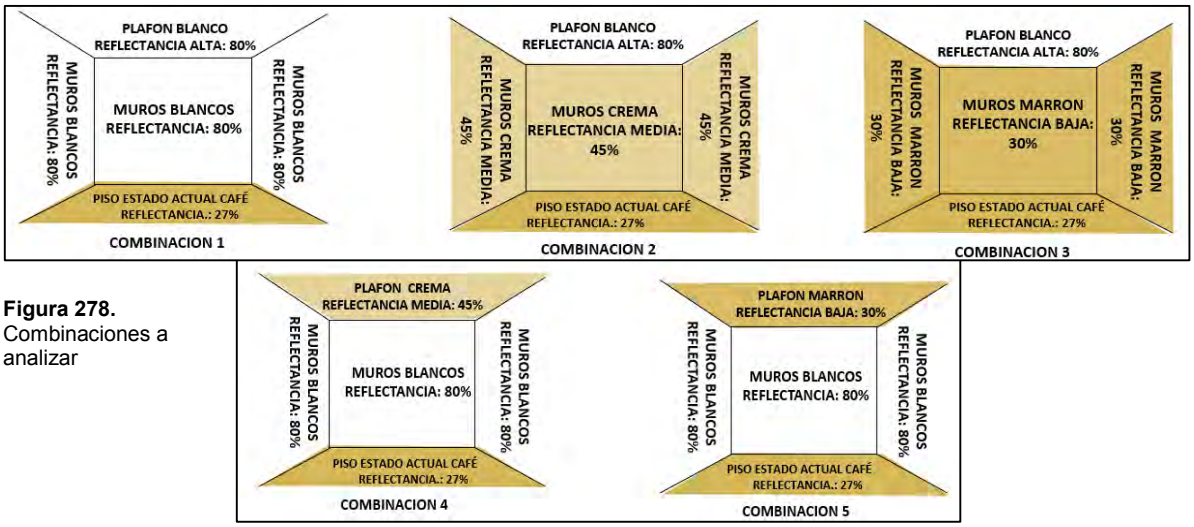


Figura 278. Combinaciones a analizar

7.8.2.1 COMBINACION 1. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	343
MINIMO	301
MAXIMO	394

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	235	228	222			222	235	228
		4	5	6					
FINAL	9214	212	210	202			202	212	208
8 AM		7	8	9					
		203	249	210			203	249	221
		10	11	12					
PROMEDIO	8782	253	306	337			253	337	299
		VALORES CRÍTICOS					202	337	239

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11230	426	408	400			400	426	411
		4	5	6					
FINAL	10470	385	375	347			347	385	369
12 PM		7	8	9					
		392	398	393			392	398	394
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	414	428	437			414	437	427
		VALORES CRÍTICOS					347	437	400

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7880	386	372	366			366	386	375
		4	5	6					
FINAL	6630	346	333	307			307	346	329
4 PM		7	8	9					
		300	316	290			290	316	302
		10	11	12					
PROMEDIO	7255	337	351	372			337	372	353
		VALORES CRÍTICOS					290	386	340

Tabla 95. Niveles de iluminancia combinación 1-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 279. Niveles de iluminancia combinación 1-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 300 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 300-500 lux de manera constante. Es importante señalar que las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana, por las grandes reflectancias de esta combinación. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 343 lux con valores mínimos de 301 y máximos de 394 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mayor y se comporta mucho mejor debido a la implementación de este factor

7.8.2.2 COMBINACION 1. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	2,7	2,6	2,5			2,5	2,7	2,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	9214	2,4	2,4	2,3			2,3	2,4	2,4	1,0
8 AM		7	8	9						
		2,3	2,8	2,4			2,3	2,8	2,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8782	2,9	3,5	3,8			2,9	3,8	3,4	0,8
		VALORES CRÍTICOS					2,3	3,8	2,7	0,8

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11230	3,92	3,76	3,69			3,69	3,92	3,79	0,97
		4	5	6						
FINAL	10470	3,55	3,46	3,2			3,20	3,55	3,40	0,94
		7	8	9						
12 PM		3,61	3,66	3,62			3,61	3,66	3,63	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	3,82	3,95	4,03			3,82	4,03	3,93	0,97
		VALORES CRÍTICOS					3,20	4,03	3,69	0,87

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,61
MINIMO	3,15
MAXIMO	4,18
UNIFORMIDAD	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7880	5,318	5,125	5,048			5,05	5,32	5,16	0,98
		4	5	6						
FINAL	6630	4,763	4,593	4,23			4,23	4,76	4,53	0,93
		7	8	9						
4 PM		4,13	4,361	3,998			4,00	4,36	4,16	0,96
		10	11	12						
PROMEDIO	7255	4,647	4,84	5,125			4,65	5,13	4,87	0,95
		VALORES CRÍTICOS					4,00	5,32	4,68	0,85

Tabla 96. Porcentajes de Factor de Día combinación 1-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

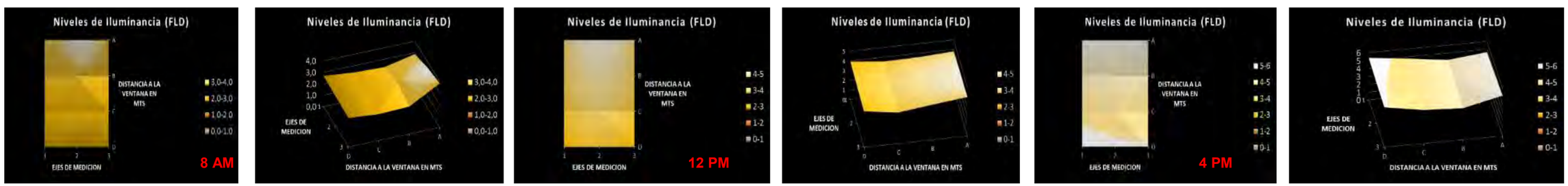


Figura 280. Porcentajes de Factor de Día combinación 1--EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,61 % con valores mínimos de 3,15 % y máximos de 4,18 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 3-5%, y los mínimos de 1-2 por la mañana duplicando con relevancia las condiciones dentro del espacio donde los valores. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.2.3 COMBINACION 1. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	345
MINIMO	295
MAXIMO	431

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9020	186	178	173			173	186	179
		4	5	6					
FINAL	9156	183	182	170			170	183	178
		7	8	9					
8 AM		364	348	355			348	364	356
		10	11	12					
PROMEDIO	9088	374	392	342			342	392	369
		VALORES CRÍTICOS					170	392	271

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12600	415	408	402			402	415	408
		4	5	6					
FINAL	12000	412	403	392			392	412	402
		7	8	9					
12 PM		420	436	427			420	436	428
		10	11	12					
PROMEDIO	12300	496	498	506			496	506	500
		VALORES CRÍTICOS					392	506	435

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9300	348	335	330			330	348	338
		4	5	6					
FINAL	8150	339	333	330			330	339	334
		7	8	9					
4 PM		358	365	362			358	365	362
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	413	426	442			413	442	427
		VALORES CRÍTICOS					330	442	365

Tabla 97. Niveles de iluminancia combinacion1-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 281. Niveles de Iluminancia combinación 1-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 10 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 345 lux con valores mínimos de 295 y máximos de 431 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.4 COMBINACION 1. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,24
MINIMO	2,75
MAXIMO	4,08
UNIFORMIDAD	0,84

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9020	2,1	2,0	1,9			1,9	2,1	2,0	1,0
		4	5	6						
FINAL	9156	2,0	2,0	1,9			1,9	2,0	2,0	1,0
8 AM		7	8	9						
		4,0	3,8	3,9			3,8	4,0	3,9	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9088	4,1	4,3	3,8			3,8	4,3	4,1	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,9	4,3	3,0	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12600	3,37	3,32	3,26			3,26	3,37	3,32	0,98
		4	5	6						
FINAL	12000	3,35	3,28	3,19			3,19	3,35	3,27	0,97
12 PM		7	8	9						
		3,41	3,54	3,47			3,41	3,54	3,48	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	12300	4,03	4,05	4,12			4,03	4,12	4,06	0,99
		VALORES CRÍTICOS					3,19	4,12	3,53	0,90

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9300	3,992	3,845	3,78			3,78	3,99	3,87	0,98
		4	5	6						
FINAL	8150	3,89	3,819	3,78			3,78	3,89	3,83	0,99
4 PM		7	8	9						
		4,101	4,178	4,153			4,10	4,18	4,14	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	4,737	4,878	5,07			4,74	5,07	4,90	0,97
		VALORES CRÍTICOS					3,78	5,07	4,19	0,90

Tabla 98. Porcentajes de Factor de Día combinación 1-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

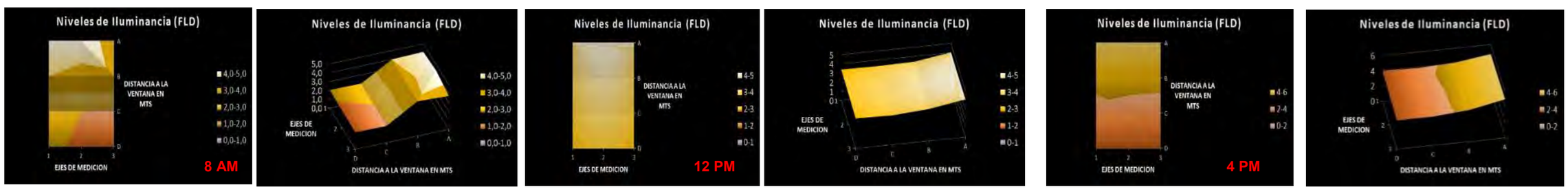


Figura 282. Porcentajes de Factor de Día combinación 1-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,24 % con valores mínimos de 2,75 % y máximos de 4,08 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2 por la mañana mejorando con relevancia las condiciones dentro del espacio.

7.8.2.5 COMBINACION 1. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	374
MINIMO	309
MAXIMO	487

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8750	370	381	340			340	381	363
		4	5	6					
FINAL	9370	326	310	295			295	326	310
8 AM		7	8	9					
		291	297	293			291	297	293
		10	11	12					
PROMEDIO	9060	395	445	450			395	450	430
		VALORES CRÍTICOS					291	450	349

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11825	429	448	405			405	448	427
		4	5	6					
FINAL	11193	373	358	354			354	373	362
12 PM		7	8	9					
		325	354	330			325	354	336
		10	11	12					
PROMEDIO	11509	455	490	501			455	501	482
		VALORES CRÍTICOS					325	501	402

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8435	365	360	355			355	365	360
		4	5	6					
FINAL	7453	317	309	304			304	317	310
4 PM		7	8	9					
		305	326	298			298	326	310
		10	11	12					
PROMEDIO	7944	416	461	496			416	496	458
		VALORES CRÍTICOS					298	496	359

Tabla 99. Niveles de iluminancia combinación 1-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

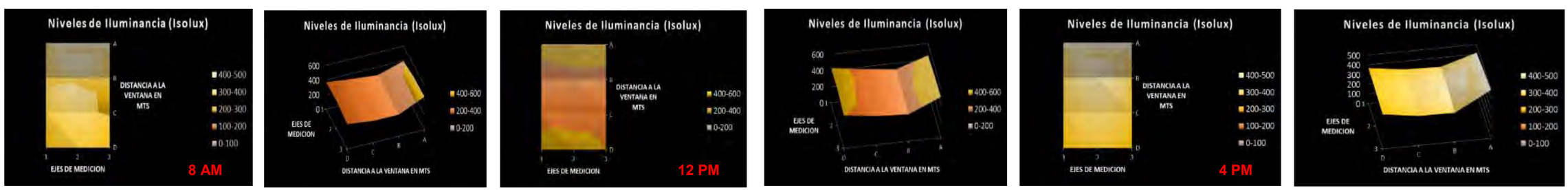


Figura 283. Nivel de iluminancia combinación 1-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 500 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 374 lux con valores mínimos de 309 y máximos de 487 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.6 COMBINACION 1. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,70
MINIMO	3,06
MAXIMO	4,85
UNIFORMIDAD	0,83

Tabla 100. Porcentajes de Factor de Día combinación 1-INVIERNO

8 AM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8750	4,1	4,2	3,8			3,8	4,2	4,0	0,9
		4	5	6						
FINAL	9370	3,6	3,4	3,3			3,3	3,6	3,4	0,9
		7	8	9						
		3,2	3,3	3,2			3,2	3,3	3,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9060	4,4	4,9	5,0			4,4	5,0	4,7	0,9
		VALORES CRÍTICOS					3,2	5,0	3,9	0,8

12 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11825	3,73	3,89	3,52			3,52	3,89	3,71	0,95
		4	5	6						
FINAL	11193	3,24	3,11	3,08			3,08	3,24	3,14	0,98
		7	8	9						
		2,82	3,08	2,87			2,82	3,08	2,92	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	11509	3,96	4,26	4,35			3,96	4,35	4,19	0,94
		VALORES CRÍTICOS					2,82	4,35	3,49	0,81

4 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8435	4,589	4,533	4,469			4,47	4,59	4,53	0,99
		4	5	6						
FINAL	7453	3,99	3,884	3,821			3,82	3,99	3,90	0,98
		7	8	9						
		3,842	4,11	3,757			3,76	4,11	3,90	0,96
		10	11	12						
PROMEDIO	7944	5,231	5,809	6,239			5,23	6,24	5,76	0,91
		VALORES CRÍTICOS					3,76	6,24	4,52	0,83

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

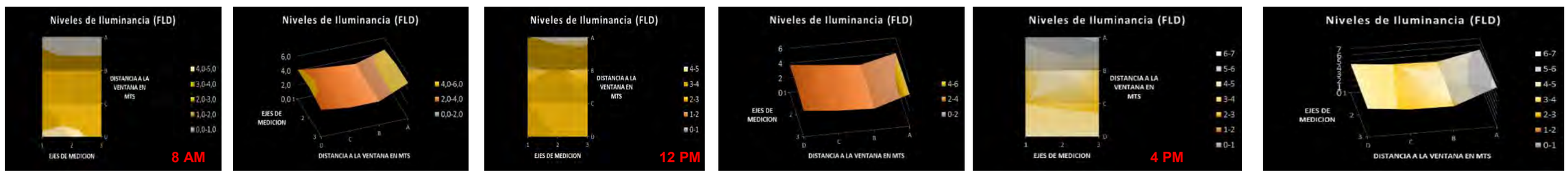


Figura 284. Porcentajes de Factor de Día combinación 1-INVIERNO

Figura 285. Registro fotográfico de combinación 1

7.8.2.7 CONCLUSIONES

Una de las estrategias más útiles en cuestiones de iluminación natural es por las propiedades ópticas de los materiales. En este punto es notorio la relevancia de esta combinación al ser la más extrema, arrojando niveles de iluminación excesivos que pueden causar deslumbramiento en alguna época del año por incidencias solares directas. Recordemos que en el caso base (sin estrategias) la mayor parte del año las condiciones existentes están bajo la zona de confort lumínica (de 300 a 500 lux) y con el uso de esta combinación de acuerdo a la orientación del inmueble el verano cuenta con valores promedio de 345 lux, el invierno con promedio de 374 lux y primavera con valores promedio de 343 lux, existiendo aun así un decremento de la iluminación en el centro puesto que cuenta con sistemas bilaterales de iluminación.

7.8.2.8 COMBINACION 2. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	218	219	244			218	244	227
		4	5	6					
FINAL	9214	179	181	185			179	185	182
		7	8	9					
8 AM		174	184	173			173	184	177
		10	11	12					
PROMEDIO	8782	202	218	234			202	234	218
		VALORES CRÍTICOS					173	244	201

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11230	314	353	347			314	353	338
		4	5	6					
FINAL	10470	330	319	293			293	330	314
		7	8	9					
12 PM		339	342	338			338	342	340
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	361	375	386			361	386	374
		VALORES CRÍTICOS					293	386	341

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	291
MINIMO	252
MAXIMO	332

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7880	330	319	315			315	330	322
		4	5	6					
FINAL	6630	291	280	286			280	291	286
		7	8	9					
4 PM		246	263	235			235	263	248
		10	11	12					
PROMEDIO	7255	283	300	319			283	319	301
		VALORES CRÍTICOS					235	330	289

Tabla 101. Niveles de iluminancia combinación 2-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 286. Niveles de iluminancia combinación 2-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 300 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-500 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 291 lux con valores mínimos de 252 y máximos de 332 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mayor y se comporta mucho mejor debido a la implementación de este factor.

7.8.2.9 COMBINACION 2. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	2,5	2,5	2,8			2,5	2,8	2,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	9214	2,0	2,1	2,1			2,0	2,1	2,1	1,0
8 AM		7	8	9						
		2,0	2,1	2,0			2,0	2,1	2,0	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	8782	2,3	2,5	2,7			2,3	2,7	2,5	0,9
		VALORES CRÍTICOS					2,0	2,8	2,3	0,9

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11230	2,89	3,25	3,2			2,89	3,25	3,11	0,93
		4	5	6						
FINAL	10470	3,04	2,94	2,7			2,70	3,04	2,89	0,93
12 PM		7	8	9						
		3,12	3,15	3,12			3,12	3,15	3,13	1,00
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	3,33	3,46	3,56			3,33	3,56	3,45	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,70	3,56	3,15	0,86

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,07
MINIMO	2,63
MAXIMO	3,51
UNIFORMIDAD	0,86

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7880	4,554	4,4	4,346			4,35	4,55	4,43	0,98
		4	5	6						
FINAL	6630	4,014	3,859	3,937			3,86	4,01	3,94	0,98
4 PM		7	8	9						
		3,396	3,628	3,234			3,23	3,63	3,42	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	7255	3,898	4,13	4,4			3,90	4,40	4,14	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,23	4,55	3,98	0,81

Tabla 102. Porcentajes de Factor de Día combinación 2-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

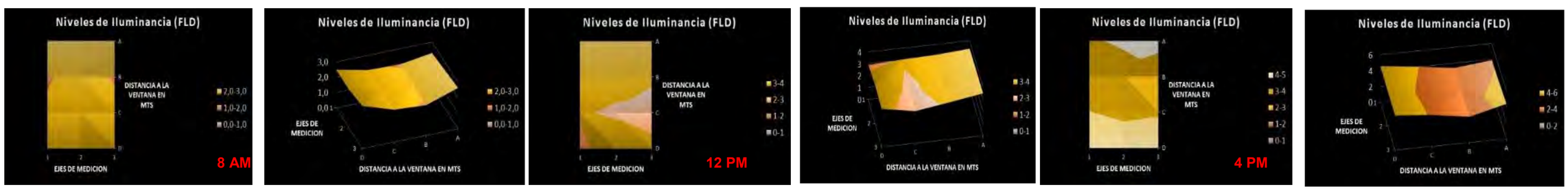


Figura 287. Porcentajes de Factor de Día combinación 2--EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,07 % con valores mínimos de 2,63 % y máximos de 3,51 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 3-5%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.2.10 COMBINACION 2. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9020	140	143	151			140	151	145
		4	5	6					
FINAL	9156	143	146	150			143	150	146
8 AM		7	8	9					
		308	315	297			297	315	307
		10	11	12					
PROMEDIO	9088	322	330	315			315	330	323
		VALORES CRÍTICOS					140	330	230

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12600	358	350	344			344	358	351
		4	5	6					
FINAL	12000	353	348	335			335	353	345
12 PM		7	8	9					
		368	378	372			368	378	373
		10	11	12					
PROMEDIO	12300	437	442	448			437	448	442
		VALORES CRÍTICOS					335	448	378

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	291
MINIMO	242
MAXIMO	370

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9300	291	277	269			269	291	279
		4	5	6					
FINAL	8150	281	276	270			270	281	276
4 PM		7	8	9					
		300	307	305			300	307	304
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	358	361	384			358	384	368
		VALORES CRÍTICOS					269	384	307

Tabla 103. Niveles de iluminancia combinación 2-VERANO

G Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

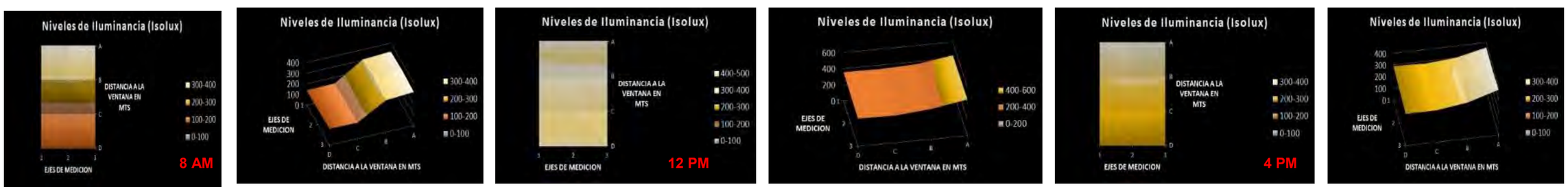


Figura 288. Niveles de Iluminancia combinación 2-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 291 lux con valores mínimos de 242 y máximos de 370 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.11 COMBINACION 2. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,72
MINIMO	2,24
MAXIMO	3,50
UNIFORMIDAD	0,82

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9020	1,5	1,6	1,7			1,5	1,7	1,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	9156	1,6	1,6	1,6			1,6	1,6	1,6	1,0
8 AM		7	8	9						
		3,4	3,5	3,3			3,3	3,5	3,4	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9088	3,5	3,6	3,5			3,5	3,6	3,5	1,0
		VALORES CRÍTICOS					1,5	3,6	2,5	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12600	2,91	2,85	2,8			2,80	2,91	2,85	0,98
		4	5	6						
FINAL	12000	2,87	2,83	2,72			2,72	2,87	2,81	0,97
12 PM		7	8	9						
		2,99	3,07	3,03			2,99	3,07	3,03	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12300	3,55	3,6	3,64			3,55	3,64	3,60	0,99
		VALORES CRÍTICOS					2,72	3,64	3,07	0,89

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9300	3,338	3,177	3,081			3,08	3,34	3,20	0,96
		4	5	6						
FINAL	8150	3,216	3,164	3,094			3,09	3,22	3,16	0,98
4 PM		7	8	9						
		3,434	3,517	3,498			3,43	3,52	3,48	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	4,108	4,14	4,397			4,11	4,40	4,21	0,97
		VALORES CRÍTICOS					3,08	4,40	3,51	0,88

Tabla 104. Porcentajes de Factor de Día combinación 2-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 289. Porcentajes de Factor de Día combinación 2-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,72 % con valores mínimos de 2,24 % y máximos de 3,50 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2 por la mañana mejorando con relevancia las condiciones dentro del espacio.

7.8.2.12 COMBINACION 2. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8750	168	230	235			168	235	211
		4	5	6					
FINAL	9370	218	235	185			185	235	213
8 AM		7	8	9					
		196	179	171			171	196	182
		10	11	12					
PROMEDIO	9060	291	286	280			280	291	286
		VALORES CRÍTICOS					168	291	223

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11825	373	394	348			348	394	371
		4	5	6					
FINAL	11193	312	304	297			297	312	304
12 PM		7	8	9					
		266	297	272			266	297	279
		10	11	12					
PROMEDIO	11509	398	433	444			398	444	425
		VALORES CRÍTICOS					266	444	345

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	303
MINIMO	238
MAXIMO	407

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8435	308	302	297			297	308	302
		4	5	6					
FINAL	7453	262	252	248			248	262	254
4 PM		7	8	9					
		251	269	241			241	269	254
		10	11	12					
PROMEDIO	7944	358	405	436			358	436	400
		VALORES CRÍTICOS					241	436	303

Tabla 105. Niveles de iluminancia combinación 2-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

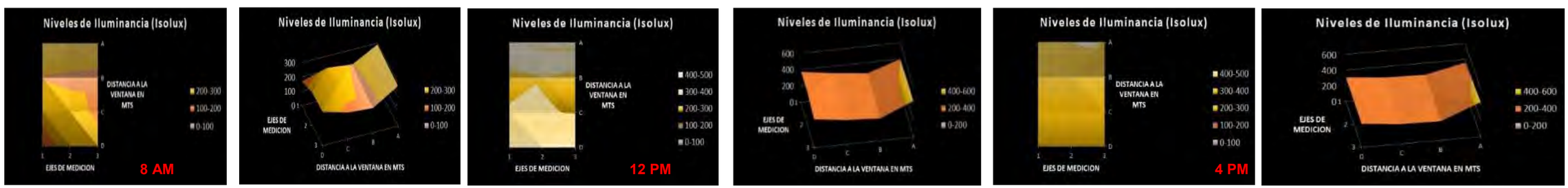


Figura 290. Nivel de iluminancia combinación 2-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 400 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 303 lux con valores mínimos de 238 y máximos de 407 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.13 COMBINACION 2. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,98
MINIMO	2,34
MAXIMO	4,02
UNIFORMIDAD	0,78

Tabla 106. Porcentajes de Factor de Día combinación 2-INVIERNO

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8750	1,9	2,5	2,6			1,9	2,6	2,3	0,8
		4	5	6						
FINAL	9370	2,4	2,6	2,0			2,0	2,6	2,3	0,9
8 AM		7	8	9						
		2,2	2,0	1,9			1,9	2,2	2,0	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	9060	3,2	3,2	3,1			3,1	3,2	3,2	1,0
		VALORES CRÍTICOS					1,9	3,2	2,5	0,8

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11825	3,24	3,42	3,02			3,02	3,42	3,23	0,94
		4	5	6						
FINAL	11193	2,71	2,64	2,58			2,58	2,71	2,64	0,98
12 PM		7	8	9						
		2,31	2,58	2,36			2,31	2,58	2,42	0,96
		10	11	12						
PROMEDIO	11509	3,45	3,77	3,85			3,45	3,85	3,69	0,94
		VALORES CRÍTICOS					2,31	3,85	3,00	0,77

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8435	3,877	3,807	3,736			3,74	3,88	3,81	0,98
		4	5	6						
FINAL	7453	3,299	3,172	3,123			3,12	3,30	3,20	0,98
4 PM		7	8	9						
		3,158	3,391	3,031			3,03	3,39	3,19	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	7944	4,512	5,104	5,491			4,51	5,49	5,04	0,90
		VALORES CRÍTICOS					3,03	5,49	3,81	0,80

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

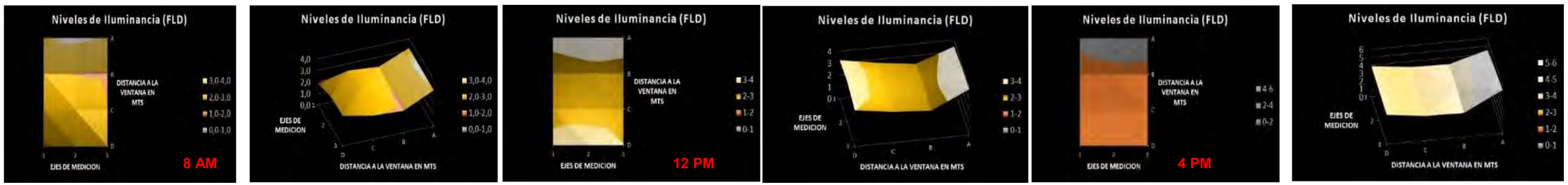


Figura 291. Porcentajes de Factor de Día combinación 2-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,98 % con valores mínimos de 2,34 % y máximos de 4,02 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%. Es notorio que el uso de las reflectancias pone en evidencia el aumento significativo de las condiciones lumínicas en el espacio, por lo que se recomienda el uso de este factor para mejorar las condiciones actuales del caso de estudio.

Figura 292. Registro fotográfico de la combinación 2.

7.8.2.14 CONCLUSIONES

En este punto es notorio la relevancia de esta combinación al ser una neutral, con valores de reflectancias medias en muros y plafones blancos, donde arroja niveles de iluminación confortables a la vista sin causar tantos deslumbramientos por incidencias solares directas. Con el uso de esta combinación de acuerdo a la orientación del inmueble el verano cuenta con valores promedio de 291 lux, el invierno con promedio de 291 lux y primavera con valores promedio de 303 lux, existiendo aun así un decremento de la iluminación en el centro puesto que cuenta con sistemas bilaterales de iluminación.

7.8.2.15 COMBINACION 3. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	162	134	137			134	162	145
		4	5	6					
FINAL	9214	115	116	111			111	116	114
		7	8	9					
8 AM		110	152	118			110	152	127
		10	11	12					
PROMEDIO	8782	157	209	242			157	242	203
		VALORES CRÍTICOS					110	242	147

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11230	273	311	303			273	311	295
		4	5	6					
FINAL	10470	283	278	256			256	283	273
		7	8	9					
12 PM		297	299	297			297	299	298
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	324	337	340			324	340	333
		VALORES CRÍTICOS					256	340	300

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	249
MINIMO	209
MAXIMO	303

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7880	284	275	269			269	284	276
		4	5	6					
FINAL	6630	305	236	219			219	305	253
		7	8	9					
4 PM		202	218	197			197	218	206
		10	11	12					
PROMEDIO	7255	241	264	277			241	277	261
		VALORES CRÍTICOS					197	305	249

Tabla 107. Niveles de iluminancia combinación 3-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

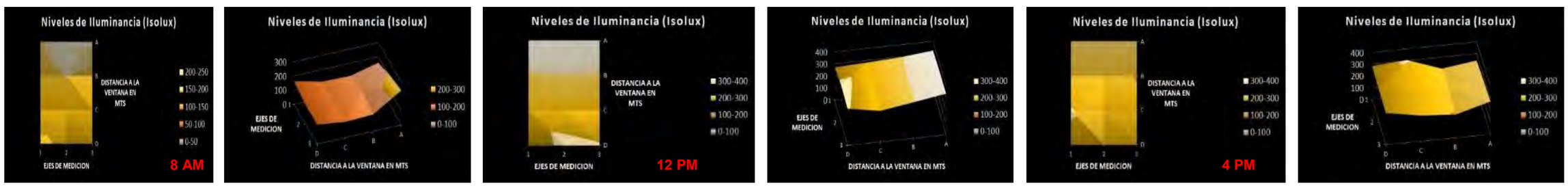


Figura 293. Niveles de iluminancia combinación 3-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 249 lux con valores mínimos de 209 y máximos de 303 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mayor y se comporta mucho mejor debido a la implementación de este factor.

7.8.2.16 COMBINACION 3. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	1,8	1,5	1,6			1,5	1,8	1,6	0,9
		4	5	6						
FINAL	9214	1,3	1,3	1,3			1,3	1,3	1,3	1,0
		7	8	9						
8 AM		1,2	1,7	1,3			1,2	1,7	1,4	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8782	1,8	2,4	2,8			1,8	2,8	2,3	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,2	2,8	1,7	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11230	2,51	2,86	2,79			2,51	2,86	2,72	0,92
		4	5	6						
FINAL	10470	2,61	2,57	2,36			2,36	2,61	2,51	0,94
		7	8	9						
12 PM		2,74	2,76	2,74			2,74	2,76	2,74	1,00
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	2,98	3,1	3,13			2,98	3,13	3,07	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,36	3,13	2,76	0,86

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,61
MINIMO	2,16
MAXIMO	3,21
UNIFORMIDAD	0,83

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7880	3,913	3,79	3,713			3,71	3,91	3,81	0,98
		4	5	6						
FINAL	6630	4,207	3,25	3,018			3,02	4,21	3,49	0,86
		7	8	9						
4 PM		2,786	3,01	2,709			2,71	3,01	2,84	0,96
		10	11	12						
PROMEDIO	7255	3,327	3,636	3,821			3,33	3,82	3,59	0,93
		VALORES CRÍTICOS					2,71	4,21	3,43	0,79

Tabla 108. Porcentajes de Factor de Día combinación3-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

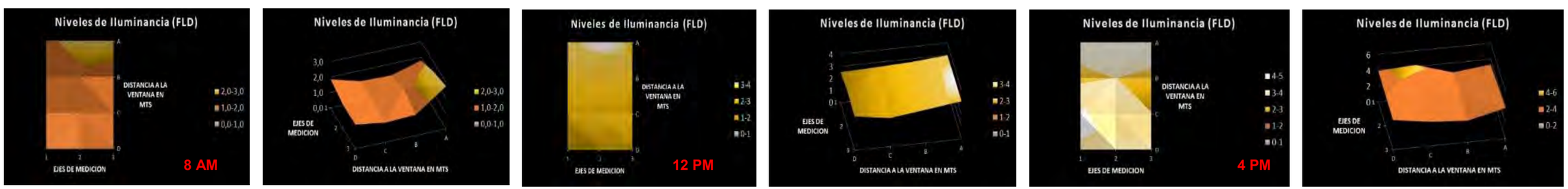


Figura 294. Porcentajes de Factor de Día combinación 3-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,61 % con valores mínimos de 2,16 % y máximos de 3,21 %, con condiciones medianamente recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.2.17 COMBINACION 3. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Dia juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9020	174	162	154			154	174	163
		4	5	6					
FINAL	9156	157	165	156			156	165	159
		7	8	9					
8 AM		235	217	204			204	235	219
		10	11	12					
PROMEDIO	9088	244	223	224			223	244	230
		VALORES CRÍTICOS					154	244	193

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12600	320	315	310			310	320	315
		4	5	6					
FINAL	12000	315	311	296			296	315	307
		7	8	9					
12 PM		330	339	333			330	339	334
		10	11	12					
PROMEDIO	12300	398	404	412			398	412	404
		VALORES CRÍTICOS					296	412	340

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	254
MINIMO	214
MAXIMO	324

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9300	255	238	230			230	255	241
		4	5	6					
FINAL	8150	242	237	231			231	242	237
		7	8	9					
4 PM		266	270	273			266	273	270
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	321	325	342			321	342	329
		VALORES CRÍTICOS					230	342	269

Tabla 109. Niveles de iluminancia combinación 3-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

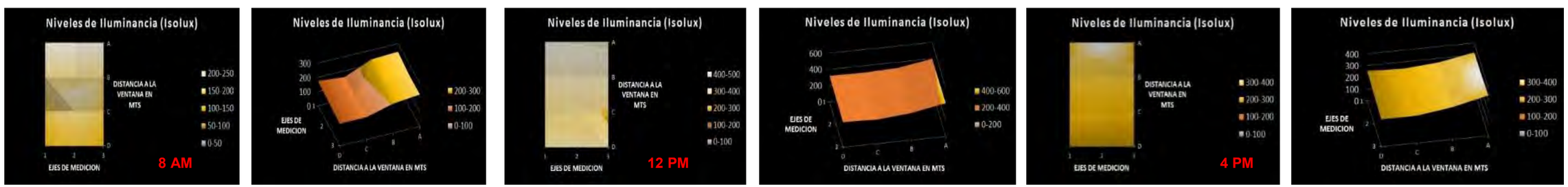


Figura 295. Niveles de Iluminancia combinación 3-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 254 lux con valores mínimos de 214 y máximos de 324 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.18 COMBINACION 3. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCI	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9020	1,9	1,8	1,7			1,7	1,9	1,8	0,9
		4	5	6						
FINAL	9156	1,7	1,8	1,7			1,7	1,8	1,8	1,0
8 AM		7	8	9						
		2,6	2,4	2,2			2,2	2,6	2,4	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	9088	2,7	2,5	2,5			2,5	2,7	2,5	1,0
		VALORES CRÍTICOS					1,7	2,7	2,1	0,8

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12600	2,6	2,56	2,52			2,52	2,60	2,56	0,99
		4	5	6						
FINAL	12000	2,56	2,53	2,4			2,40	2,56	2,50	0,96
12 PM		7	8	9						
		2,69	2,75	2,71			2,69	2,75	2,72	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12300	3,23	3,28	3,35			3,23	3,35	3,29	0,98
		VALORES CRÍTICOS					2,40	3,35	2,77	0,87

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,36
MINIMO	1,99
MAXIMO	3,04
UNIFORMIDAD	0,84

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9300	2,927	2,728	2,632			2,63	2,93	2,76	0,95
		4	5	6						
FINAL	8150	2,779	2,715	2,644			2,64	2,78	2,71	0,97
4 PM		7	8	9						
		3,049	3,094	3,126			3,05	3,13	3,09	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	3,678	3,729	3,915			3,68	3,92	3,77	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,63	3,92	3,08	0,85

Tabla 110. Porcentajes de Factor de Día combinación 3-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

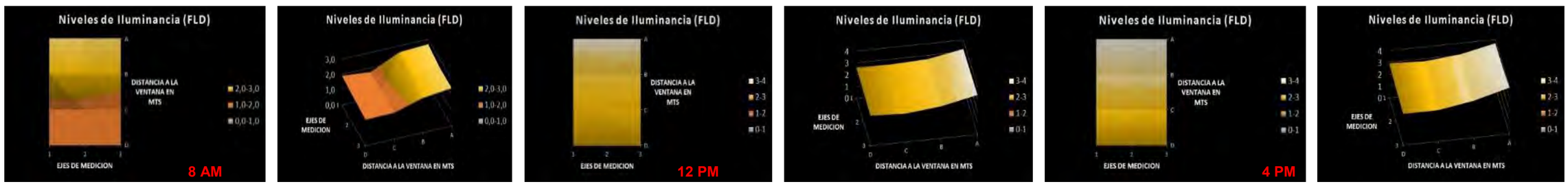


Figura 296. Porcentajes de Factor de Día combinación 3-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,36 % con valores mínimos de 1,99 % y máximos de 3,04 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2 por la mañana mejorando medianamente las condiciones dentro del espacio.

7.8.2.19 COMBINACION 3. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	157
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	270
MINIMO	208
MAXIMO	370

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8750	199	225	243			199	243	222
		4	5	6					
FINAL	9370	202	197	185			185	202	194
		7	8	9					
8 AM		181	174	182			174	182	179
		10	11	12					
PROMEDIO	9060	230	252	266			230	266	249
		VALORES CRÍTICOS					174	266	211

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11825	334	353	309			309	353	332
		4	5	6					
FINAL	11193	276	265	259			259	276	267
		7	8	9					
12 PM		227	260	233			227	260	240
		10	11	12					
PROMEDIO	11509	360	372	404			360	404	379
		VALORES CRÍTICOS					227	404	304

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8435	264	265	259			259	265	262
		4	5	6					
FINAL	7453	225	214	216			214	225	218
4 PM		7	8	9					
		216	230	204			204	230	217
		10	11	12					
PROMEDIO	7944	319	372	393			319	393	361
		VALORES CRÍTICOS					204	393	265

Tabla 111. Niveles de iluminancia combinación 3-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 297. Nivel de iluminancia combinación 3-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 400 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 270 lux con valores mínimos de 208 y máximos de 370 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.20 COMBINACION 3. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,66
MINIMO	2,05
MAXIMO	3,65
UNIFORMIDAD	0,78

Tabla 112. Porcentajes de Factor de Día combinación 3-INVIERNO

8 AM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	8750	2,2	2,5	2,7			2,2	2,7	2,5	0,9
			4	5	6						
	FINAL	9370	2,2	2,2	2,0			2,0	2,2	2,1	1,0
			7	8	9						
			2,0	1,9	2,0			1,9	2,0	2,0	1,0
			10	11	12						
	PROMEDIO	9060	2,5	2,8	2,9			2,5	2,9	2,8	0,9
			VALORES CRÍTICOS					1,9	2,9	2,3	0,8

12 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	11825	2,9	3,07	2,68			2,68	3,07	2,88	0,93
			4	5	6						
	FINAL	11193	2,4	2,3	2,25			2,25	2,40	2,32	0,97
			7	8	9						
			1,97	2,26	2,02			1,97	2,26	2,08	0,95
			10	11	12						
	PROMEDIO	11509	3,12	3,24	3,51			3,12	3,51	3,29	0,95
			VALORES CRÍTICOS					1,97	3,51	2,64	0,75

4 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
	INICIAL	8435	3,32	3,33	3,26			3,26	3,33	3,30	0,99
			4	5	6						
	FINAL	7453	2,83	2,70	2,71			2,70	2,83	2,75	0,98
			7	8	9						
			2,71	2,89	2,57			2,57	2,89	2,73	0,94
			10	11	12						
	PROMEDIO	7944	4,02	4,69	4,94			4,02	4,94	4,55	0,88
			VALORES CRÍTICOS					2,57	4,94	3,33	0,77

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

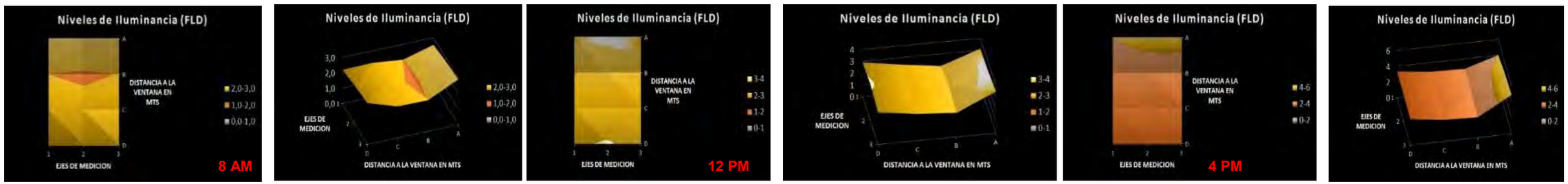


Figura 298. Porcentajes de Factor de Día combinación 3-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,66 % con valores mínimos de 2,05 % y máximos de 3,65 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%. Se recomienda el uso de este factor para mejorar las condiciones actuales del caso de estudio, aunque para esta combinación resulta desfavorable.

Figura 299. Registro fotográfico de combinación 3

7.8.2.21 CONCLUSIONES

Pasando del caso extremo y medio, ahora llegamos al bajo con valores de reflectancias bajas en muros y plafones blancos, donde arroja niveles de iluminación un poco más bajos que la combinación 2 sin causar deslumbramientos por incidencias solares directas. Con el uso de esta combinación de acuerdo a la orientación del inmueble el verano cuenta con valores promedio de 254 lux, el invierno con promedio de 270 lux y primavera con valores promedio de 249 lux. Por lo tanto, aunque se reduce levemente los niveles lumínicos se deduce que el plafón blanco juega un papel determinante en esta estrategia para lo cual se hicieron las combinaciones 4 y 5.

7.8.2.22 COMBINACION 4. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	165	157	158			157	165	160
		4	5	6					
FINAL	9214	138	137	141			137	141	139
		7	8	9					
8 AM		132	183	150			132	183	155
		10	11	12					
PROMEDIO	8782	181	230	267			181	267	226
		VALORES CRÍTICOS					132	267	170

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11230	244	282	275			244	282	267
		4	5	6					
FINAL	10470	261	250	225			225	261	245
		7	8	9					
12 PM		270	270	272			270	272	271
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	283	306	318			283	318	302
		VALORES CRÍTICOS					225	318	271

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	230
MINIMO	190
MAXIMO	282

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7880	260	249	241			241	260	250
		4	5	6					
FINAL	6630	225	210	188			188	225	208
		7	8	9					
4 PM		174	193	170			170	193	179
		10	11	12					
PROMEDIO	7255	216	225	249			216	249	230
		VALORES CRÍTICOS					170	260	217

Tabla 113. Niveles de iluminancia combinación 4-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

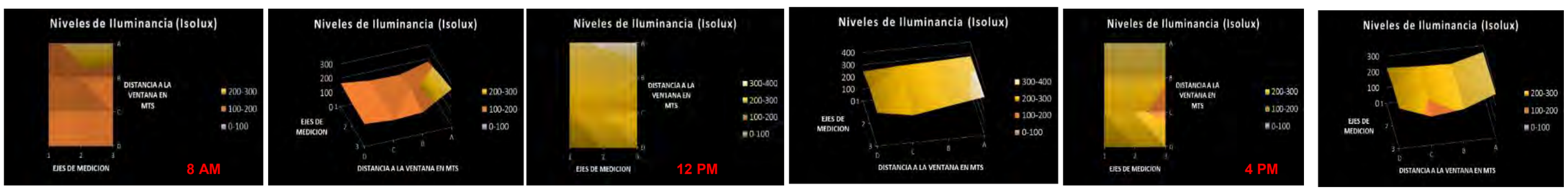


Figura 300. Niveles de iluminancia combinación 4-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 230 lux con valores mínimos de 190 y máximos de 282 lux; que comparados con la estación de invierno medida en sitio es mayor y se comporta mucho mejor debido a la implementación de este factor.

7.8.2.23 COMBINACION 4. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	1,9	1,8	1,8			1,8	1,9	1,8	1,0
		4	5	6						
FINAL	9214	1,6	1,6	1,6			1,6	1,6	1,6	1,0
		7	8	9						
8 AM		1,5	2,1	1,7			1,5	2,1	1,8	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8782	2,1	2,6	3,0			2,1	3,0	2,6	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,5	3,0	1,9	0,8

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11230	2,25	2,6	2,53			2,25	2,60	2,46	0,91
		4	5	6						
FINAL	10470	2,41	2,31	2,07			2,07	2,41	2,26	0,92
		7	8	9						
12 PM		2,49	2,49	2,5			2,49	2,50	2,49	1,00
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	2,61	2,82	2,93			2,61	2,93	2,79	0,94
		VALORES CRÍTICOS					2,07	2,93	2,50	0,83

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,41
MINIMO	1,98
MAXIMO	2,98
UNIFORMIDAD	0,82

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7880	3,589	3,435	3,327			3,33	3,59	3,45	0,96
		4	5	6						
FINAL	6630	3,095	2,895	2,594			2,59	3,10	2,86	0,91
		7	8	9						
4 PM		2,401	2,655	2,347			2,35	2,66	2,47	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	7255	2,972	3,095	3,435			2,97	3,43	3,17	0,94
		VALORES CRÍTICOS					2,35	3,59	2,99	0,79

Tabla 114. Porcentajes de Factor de Día combinación4-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

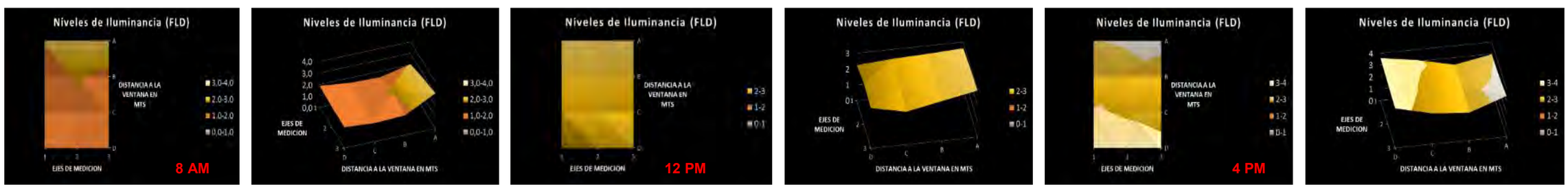


Figura 301. Porcentajes de Factor de Día combinación 4-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,41 % con valores mínimos de 1,98 % y máximos de 2,98 %, con condiciones medianamente recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.2.24 COMBINACION 4. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	239
MINIMO	188
MAXIMO	323

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9020	147	144	133			133	147	141
		4	5	6					
FINAL	9156	148	149	133			133	149	143
		7	8	9					
8 AM		326	312	326			312	326	322
		10	11	12					
PROMEDIO	9088	325	353	305			305	353	328
		VALORES CRÍTICOS					133	353	234

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12600	293	284	282			282	293	286
		4	5	6					
FINAL	12000	288	282	266			266	288	279
		7	8	9					
12 PM		302	309	308			302	309	306
		10	11	12					
PROMEDIO	12300	370	376	378			370	378	375
		VALORES CRÍTICOS					266	378	311

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9300	225	212	204			204	225	213
		4	5	6					
FINAL	8150	216	210	202			202	216	209
		7	8	9					
4 PM		229	240	240			229	240	237
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	292	296	318			292	318	302
		VALORES CRÍTICOS					202	318	240

Tabla 115. Niveles de iluminancia combinación 4-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

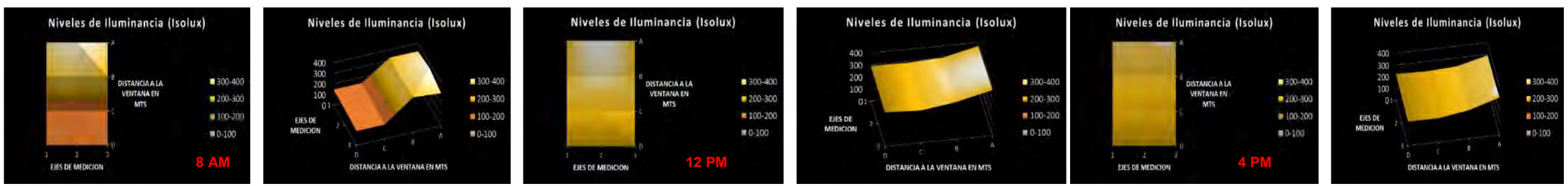


Figura 302. Niveles de Iluminancia combinación 4-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 239 lux con valores mínimos de 188 y máximos de 323 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando las condiciones del espacio.

7.8.2.25 COMBINACION 4. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,24
MINIMO	1,74
MAXIMO	3,07
UNIFORMIDAD	0,78

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9020	1,6	1,6	1,5			1,5	1,6	1,6	0,9
		4	5	6						
FINAL	9156	1,6	1,6	1,5			1,5	1,6	1,6	0,9
		7	8	9						
8 AM		3,6	3,4	3,6			3,4	3,6	3,5	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9088	3,6	3,9	3,4			3,4	3,9	3,6	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,5	3,9	2,6	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12600	2,38	2,31	2,29			2,29	2,38	2,33	0,98
		4	5	6						
FINAL	12000	2,34	2,29	2,16			2,16	2,34	2,26	0,96
		7	8	9						
12 PM		2,45	2,51	2,5			2,45	2,51	2,49	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12300	3,01	3,05	3,07			3,01	3,07	3,05	0,99
		VALORES CRÍTICOS					2,16	3,07	2,53	0,85

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9300	2,574	2,426	2,336			2,34	2,57	2,45	0,96
		4	5	6						
FINAL	8150	2,471	2,407	2,317			2,32	2,47	2,40	0,97
		7	8	9						
4 PM		2,625	2,753	2,753			2,63	2,75	2,71	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	3,344	3,389	3,646			3,34	3,65	3,46	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,32	3,65	2,75	0,84

Tabla 116. Porcentajes de Factor de Día combinación 4-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 303. Porcentajes de Factor de Día combinación 3-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,24 % con valores mínimos de 1,74% y máximos de 3,07 %, con condiciones muy recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana mejorando medianamente las condiciones dentro del espacio.

7.8.2.26 COMBINACION 4. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11825	314	336	294			294	336	315
		4	5	6					
FINAL	11193	256	252	244			244	256	251
8 AM		7	8	9					
		210	237	217			210	237	221
		10	11	12					
PROMEDIO	11509	347	319	387			319	387	351
		VALORES CRÍTICOS					210	387	284

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8750	315	326	283			283	326	308
		4	5	6					
FINAL	9370	270	255	238			238	270	254
12 PM		7	8	9					
		236	237	244			236	244	239
		10	11	12					
PROMEDIO	9060	337	393	392			337	393	374
		VALORES CRÍTICOS					236	393	294

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	266
MINIMO	201
MAXIMO	377

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8435	242	237	232			232	242	237
		4	5	6					
FINAL	7453	195	188	182			182	195	188
4 PM		7	8	9					
		184	206	177			177	206	189
		10	11	12					
PROMEDIO	7944	293	337	371			293	371	334
		VALORES CRÍTICOS					177	371	237

Tabla 117. Niveles de iluminancia combinación 4-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

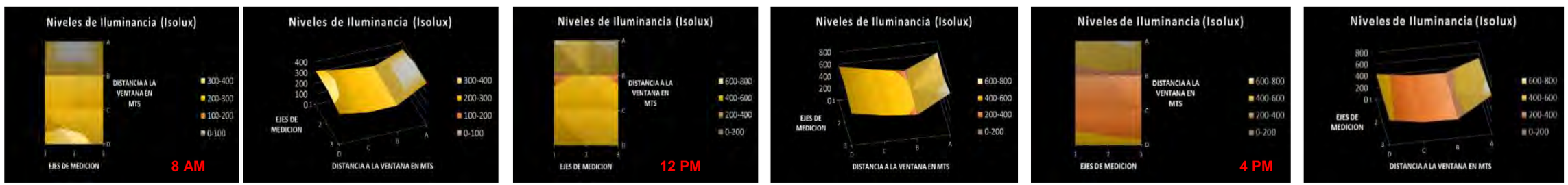


Figura 304. Nivel de iluminancia combinación 4-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 400 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 266lux con valores mínimos de 201 y máximos de 377 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día, incrementando en gran medida las condiciones del espacio.

7.8.2.27 COMBINACION 4. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,64
MINIMO	2,00
MAXIMO	3,75
UNIFORMIDAD	0,76

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8750	3,5	3,6	3,1			3,1	3,6	3,4	0,9
		4	5	6						
FINAL	9370	3,0	2,8	2,6			2,6	3,0	2,8	0,9
8 AM		7	8	9						
		2,6	2,6	2,7			2,6	2,7	2,6	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9060	3,7	4,3	4,3			3,7	4,3	4,1	0,9
		VALORES CRÍTICOS					2,6	4,3	3,2	0,8

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11825	2,72	2,92	2,55			2,55	2,92	2,73	0,93
		4	5	6						
FINAL	11193	2,23	2,19	2,12			2,12	2,23	2,18	0,97
12 PM		7	8	9						
		1,82	2,06	1,88			1,82	2,06	1,92	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	11509	3,02	2,77	3,36			2,77	3,36	3,05	0,91
		VALORES CRÍTICOS					1,82	3,36	2,47	0,74

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8435	3,045	2,982	2,918			2,92	3,05	2,98	0,98
		4	5	6						
FINAL	7453	2,46	2,362	2,291			2,29	2,46	2,37	0,97
4 PM		7	8	9						
		2,319	2,587	2,228			2,23	2,59	2,38	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	7944	3,694	4,237	4,674			3,69	4,67	4,20	0,88
		VALORES CRÍTICOS					2,23	4,67	2,98	0,75

Tabla 118. Porcentajes de Factor de Día combinación 4-INVIERNO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

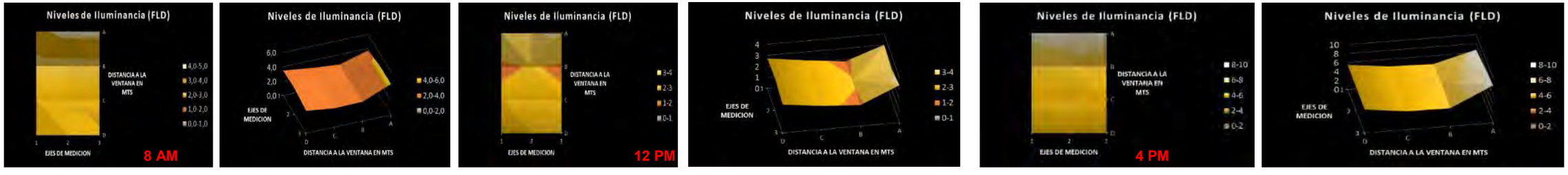


Figura 305. Porcentajes de Factor de Día combinación 4-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,64 % con valores mínimos de 2,00 % y máximos de 3,75 %, con condiciones medianamente recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%. Se recomienda el uso de este factor para mejorar las condiciones actuales del caso de estudio, aunque para esta combinación resulta desfavorable.

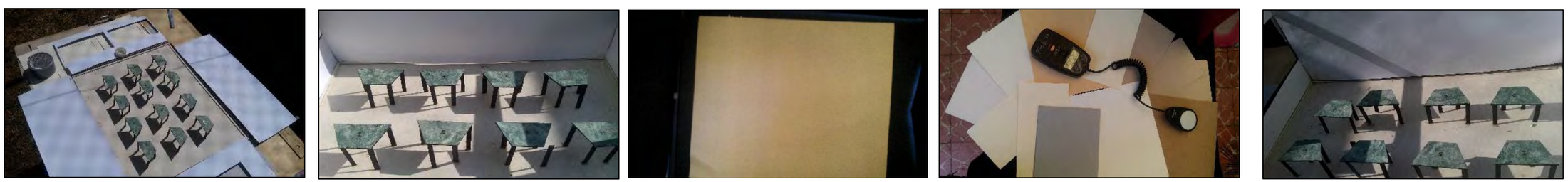


Figura 306. Registro fotográfico de combinación 4

7.8.2.28 CONCLUSIONES

Ahora bien, cambiando ahora las propiedades del plafón (reflectancia media) y muros blancos se nota la relevancia de esta combinación aunque nos puede arrojar para ciertas épocas del año deslumbramientos por incidencias solares directas. Con el uso de esta combinación de acuerdo a la orientación del inmueble el verano cuenta con valores promedio de 239 lux, el invierno con promedio de 266 lux y primavera con valores promedio de 230 lux, reduciendo en gran medida los niveles lumínicas comparados con la combinación 1 (todo blanco), por lo tanto se va concluyendo que el plafón es aquel sistema constructivo que influye mayoritariamente en las condiciones lumínicas del espacio en estudio.

7.8.2.29 COMBINACION 5. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	134	162	109			109	162	135
		4	5	6					
FINAL	9214	94,1	95,2	86,2			86	95	92
8 AM		7	8	9					
		91,8	120	94,1			92	120	102
		10	11	12					
PROMEDIO	8782	134	174	217			134	217	175
		VALORES CRÍTICOS					86	217	126

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11230	204	242	235			204	242	227
		4	5	6					
FINAL	10470	218	210	195			195	218	208
12 PM		7	8	9					
		230	234	231			230	234	231
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	257	270	267			257	270	265
		VALORES CRÍTICOS					195	270	233

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	192
MINIMO	152
MAXIMO	242

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7880	214	210	199			199	214	208
		4	5	6					
FINAL	6630	235	170	154			154	235	186
		7	8	9					
4 PM		137	154	132			132	154	141
		10	11	12					
PROMEDIO	7255	169	197	207			169	207	191
		VALORES CRÍTICOS					132	235	182

Tabla 119. Niveles de iluminancia combinación 5-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

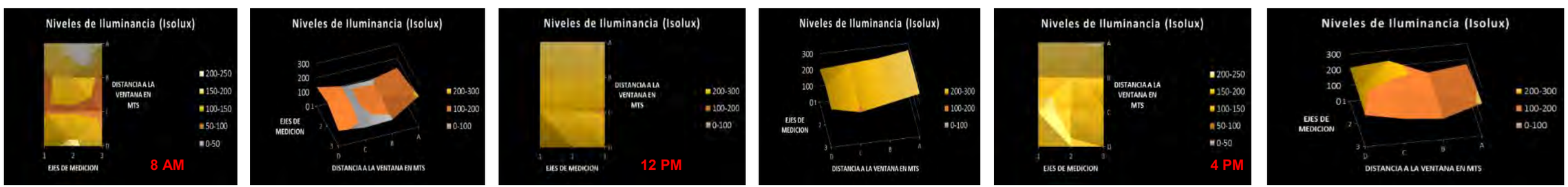


Figura 307. Niveles de iluminancia combinación 5-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 192 lux con valores mínimos de 152 y máximos de 242 lux.

7.8.2.30 COMBINACION 5. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,01
MINIMO	1,56
MAXIMO	2,57
UNIFORMIDAD	0,78

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	1,5	1,8	1,2			1,2	1,8	1,5	0,8
		4	5	6						
FINAL	9214	1,1	1,1	1,0			1,0	1,1	1,0	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,0	1,4	1,1			1,0	1,4	1,2	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8782	1,5	2,0	2,5			1,5	2,5	2,0	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,0	2,5	1,4	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11230	1,88	2,23	2,17			1,88	2,23	2,09	0,90
		4	5	6						
FINAL	10470	2,01	1,94	1,8			1,80	2,01	1,91	0,94
12 PM		7	8	9						
		2,12	2,15	2,13			2,12	2,15	2,13	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	2,37	2,49	2,46			2,37	2,49	2,44	0,97
		VALORES CRÍTICOS					1,80	2,49	2,14	0,84

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7880	2,949	2,895	2,748			2,75	2,95	2,86	0,96
		4	5	6						
FINAL	6630	3,242	2,347	2,123			2,12	3,24	2,57	0,83
4 PM		7	8	9						
		1,891	2,123	1,814			1,81	2,12	1,94	0,93
		10	11	12						
PROMEDIO	7255	2,331	2,709	2,856			2,33	2,86	2,63	0,89
		VALORES CRÍTICOS					1,81	3,24	2,50	0,72

Tabla 120. Porcentajes de Factor de Día combinación5-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

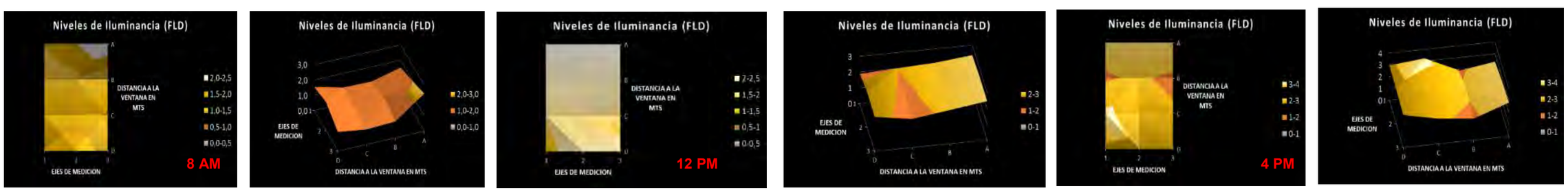


Figura 308. Porcentajes de Factor de Día combinación 5-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,01 % con valores mínimos de 1,56 % y máximos de 2,57 %, con condiciones medianamente recomendables al superar los valores medidos en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.2.31 COMBINACION 5. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	213
MINIMO	161
MAXIMO	297

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9020	130	128	116			116	130	125
		4	5	6					
FINAL	9156	132	132	116			116	132	127
8 AM		7	8	9					
		310	301	310			301	310	307
		10	11	12					
PROMEDIO	9088	309	336	288			288	336	311
		VALORES CRÍTICOS					116	336	217

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12600	280	258	259			258	280	266
		4	5	6					
FINAL	12000	267	263	244			244	267	258
12 PM		7	8	9					
		280	286	283			280	286	283
		10	11	12					
PROMEDIO	12300	348	353	353			348	353	351
		VALORES CRÍTICOS					244	353	289

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9300	216	199	192			192	216	202
		4	5	6					
FINAL	8150	202	199	192			192	202	197
4 PM		7	8	9					
		213	224	223			213	224	220
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	280	281	306			280	306	289
		VALORES CRÍTICOS					192	306	227

Tabla 121. Niveles de iluminancia combinación 5-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

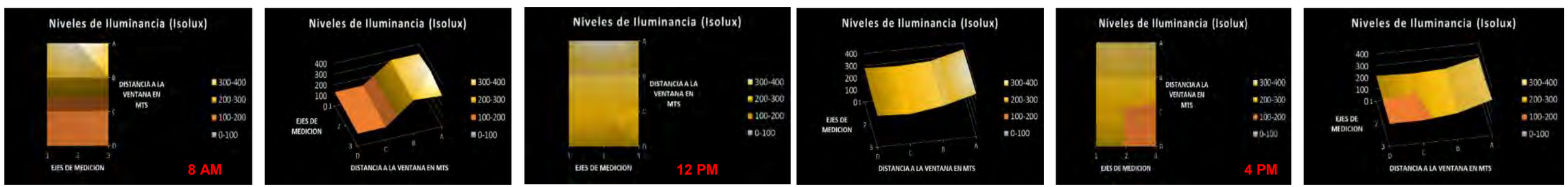


Figura 309. Niveles de Iluminancia combinación 5-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 213 lux con valores mínimos de 161 y máximos de 297 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía, incrementando las condiciones del espacio.

7.8.2.32 COMBINACION 5. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,01
MINIMO	1,49
MAXIMO	2,83
UNIFORMIDAD	0,73

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9020	1,4	1,4	1,3			1,3	1,4	1,4	0,9
		4	5	6						
FINAL	9156	1,4	1,5	1,3			1,3	1,5	1,4	0,9
8 AM		7	8	9						
		3,4	3,3	3,4			3,3	3,4	3,4	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9088	3,4	3,7	3,2			3,2	3,7	3,4	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,3	3,7	2,4	0,5

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12600	2,28	2,1	2,1			2,10	2,28	2,16	0,97
		4	5	6						
FINAL	12000	2,17	2,14	1,98			1,98	2,17	2,10	0,94
12 PM		7	8	9						
		2,28	2,32	2,3			2,28	2,32	2,30	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12300	2,83	2,87	2,87			2,83	2,87	2,86	0,99
		VALORES CRÍTICOS					1,98	2,87	2,35	0,84

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9300	2,471	2,279	2,201			2,20	2,47	2,32	0,95
		4	5	6						
FINAL	8150	2,311	2,279	2,195			2,20	2,31	2,26	0,97
4 PM		7	8	9						
		2,439	2,567	2,554			2,44	2,57	2,52	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	3,209	3,222	3,504			3,21	3,50	3,31	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,20	3,50	2,60	0,84

Tabla 122. Porcentajes de Factor de Día combinación 5-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

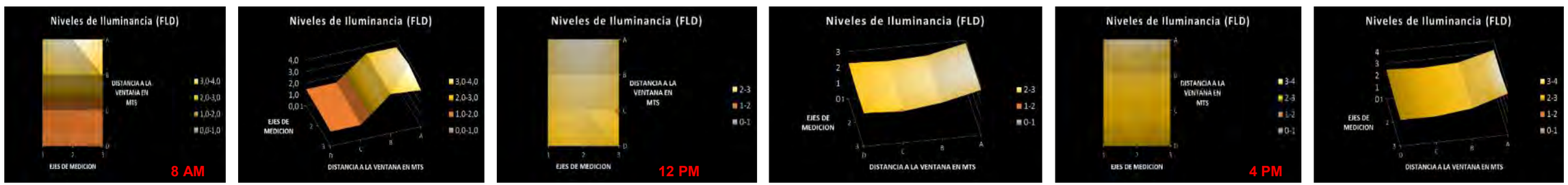


Figura 310. Porcentajes de Factor de Día combinación 5-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,01 % con valores mínimos de 1,49% y máximos de 2,83 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana mejorando medianamente las condiciones dentro del espacio.

7.8.2.33 COMBINACION 5. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	11
Fecha de la prueba (mes)	6
Día juliano	162
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	229
MINIMO	166
MAXIMO	339

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8750	269	270	247			247	270	262
		4	5	6					
FINAL	9370	227	204	208			204	227	213
8 AM		7	8	9					
		202	197	203			197	203	201
		10	11	12					
PROMEDIO	9060	293	353	305			293	353	317
		VALORES CRÍTICOS					197	353	248

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11825	280	302	265			265	302	282
		4	5	6					
FINAL	11193	224	218	213			213	224	218
12 PM		7	8	9					
		174	208	182			174	208	188
		10	11	12					
PROMEDIO	11509	321	283	355			283	355	320
		VALORES CRÍTICOS					174	355	252

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
NICIAL	8435	214	210	213			210	214	212
		4	5	6					
INAL	7453	162	153	154			153	162	156
4 PM		7	8	9					
		156	171	156			156	171	161
		10	11	12					
PROMEDIO	7944	268	306	338			268	338	304
		VALORES CRÍTICOS					153	338	208

Tabla 123. Niveles de iluminancia combinación 5-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 311. Nivel de iluminancia combinación 5-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 229 lux con valores mínimos de 166 y máximos de 339 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte sur la mayor parte del día.

7.8.2.34 COMBINACION 5. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,27
MINIMO	1,65
MAXIMO	3,38
UNIFORMIDAD	0,72

Tabla 124. Porcentajes de Factor de Día combinación 5-INVIERNO

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8750	3,0	3,0	2,7			2,7	3,0	2,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	9370	2,5	2,3	2,3			2,3	2,5	2,4	1,0
8 AM		7	8	9						
		2,2	2,2	2,2			2,2	2,2	2,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9060	3,2	3,9	3,4			3,2	3,9	3,5	0,9
		VALORES CRÍTICOS					2,2	3,9	2,7	0,8

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11825	2,43	2,63	2,3			2,30	2,63	2,45	0,94
		4	5	6						
FINAL	11193	1,95	1,9	1,85			1,85	1,95	1,90	0,97
12 PM		7	8	9						
		1,51	1,81	1,58			1,51	1,81	1,63	0,92
		10	11	12						
PROMEDIO	11509	2,79	2,46	3,08			2,46	3,08	2,78	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,51	3,08	2,19	0,69

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8435	2,693	2,644	2,686			2,64	2,69	2,67	0,99
		4	5	6						
FINAL	7453	2,044	1,924	1,939			1,92	2,04	1,97	0,98
4 PM		7	8	9						
		1,96	2,157	1,96			1,96	2,16	2,03	0,97
		10	11	12						
PROMEDIO	7944	3,377	3,849	4,251			3,38	4,25	3,83	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,92	4,25	2,62	0,73

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

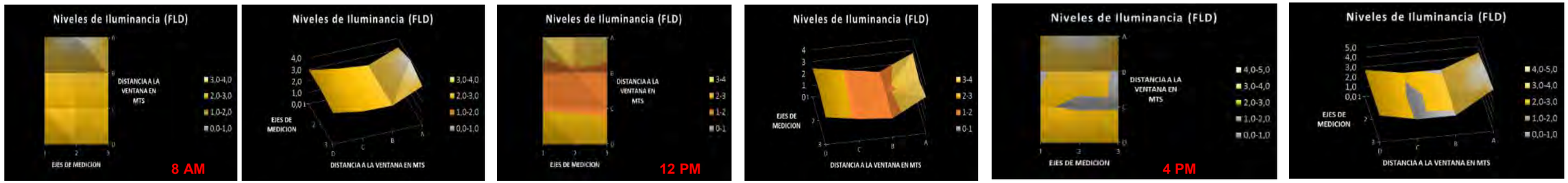


Figura 312. Porcentajes de Factor de Día combinación 5-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,27 % con valores mínimos de 1,65 % y máximos de 3,38 %, con condiciones desfavorables al igual que las reales en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%. Se recomienda el uso de este factor para mejorar las condiciones actuales del caso de estudio, aunque para esta combinación resulta realmente desfavorable al empobrecer las condiciones lumínicas con el uso de un plafón con baja reflectancia y muros blancos.

Figura 313. Registro fotográfico de combinación 5

7.8.2.35 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

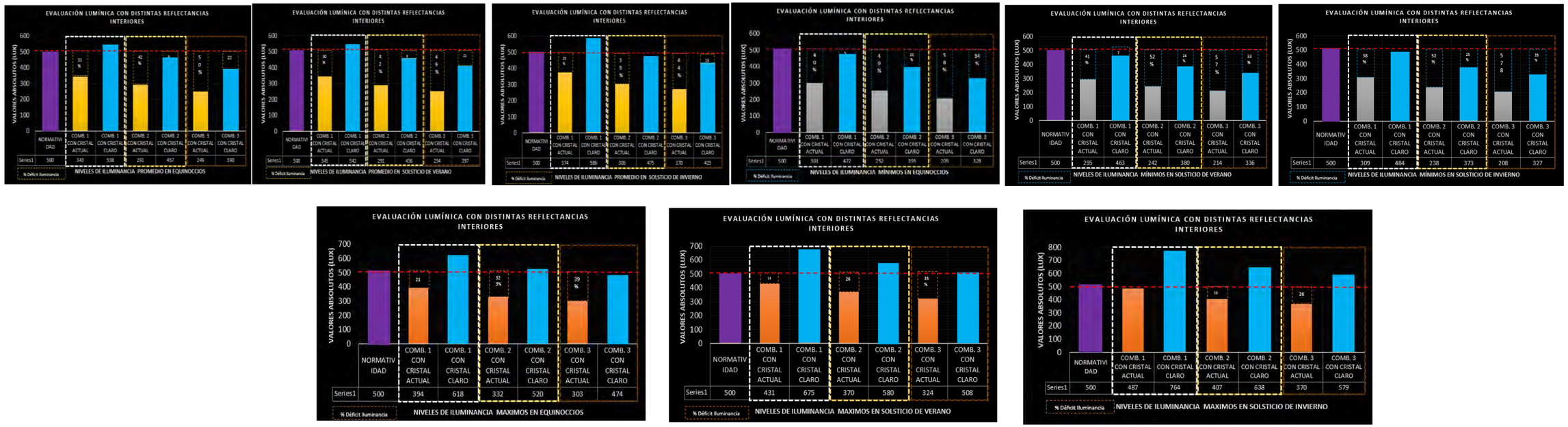
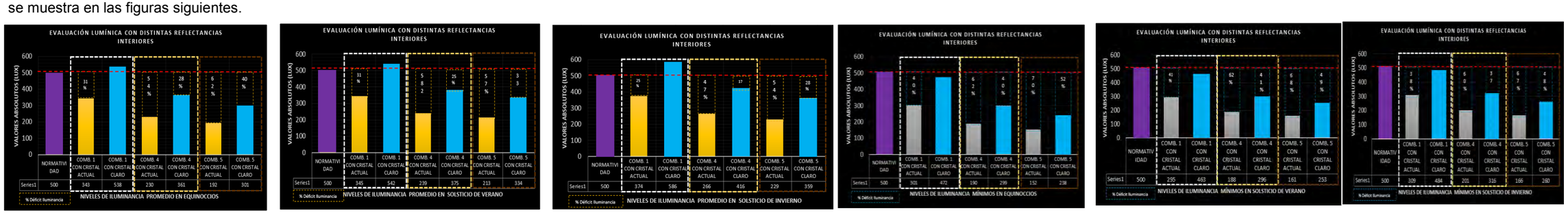


Figura 314. Resultados y comparativas de combinaciones

En las figuras anteriores se hace una comparativa en primera instancia con el umbral máximo señalado en cuanto a normatividad se refiere para el género de edificio (500 lux) y su porcentaje de déficit lumínico respecto a ese margen y las combinaciones pertinentes donde el plafón se mantiene como una variable fija, y los muros van cambiando de alta, media y baja reflectancia. Es notorio y lógico que conforme se va cambiando la propiedad de los muros va decreciendo los niveles lumínicas para cualquier estación, sean valores mínimos, máximos o promedios. Para la combinación 1 (los más extremos y con más deslumbramientos) tenemos valores promedio en verano de 345 lux, invierno con promedio de 374 lux y primavera con valores promedio de 343 lux, para la combinación 2 (neutra) el verano cuenta con valores promedio de 291 lux, invierno con promedio de 303 lux y primavera con valores promedio de 291 lux y para la combinación 3 (baja) el verano cuenta con valores promedio de 254 lux, invierno con promedio de 270 lux y primavera con valores promedio de 249 lux. Por lo tanto, se deduce y concluye preliminarmente que los niveles dependen del plafón, en este caso blanco; razón por la cual se hicieron las últimas dos combinaciones (4 y 5) para observar que fenómeno presentaba la iluminancia variando ahora las propiedades del plafón y dejando fijos los muros con la variable de la reflectancia alta (blanco) como se muestra en las figuras siguientes.



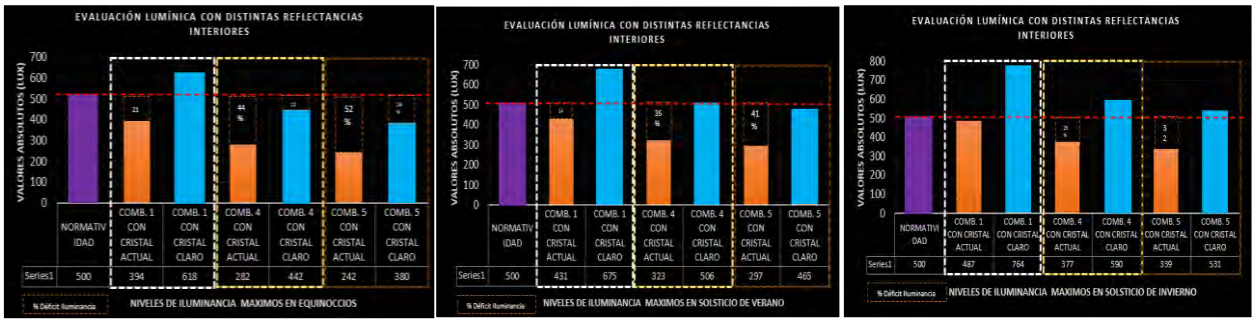


Figura 315. Resultados y comparativas de combinaciones

De igual forma se hace una comparativa con el umbral máximo señalado en normatividad (500 lux) y su porcentaje de déficit lumínico respecto a ese margen y las combinaciones pertinentes donde el plafón se varia, y los muros se mantienen fijos (blancos).

Con estas combinaciones se tiene una noción más clara del papel decisivo que juegan las propiedades ópticas de los materiales, Para la combinación 1 (los más extremos y con más deslumbramientos) tenemos valores promedio en verano de 345 lux, invierno con promedio de 374 lux y primavera con valores promedio de 343 lux, para la combinación 4 (neutra) el verano cuenta con valores promedio de 239 lux, invierno con promedio de 266 lux y primavera con valores promedio de 230 lux y para la combinación 5 (baja) el verano cuenta con valores promedio de 213 lux, invierno con promedio de 229 lux y primavera con valores promedio de 192 lux. Por lo tanto, se deduce y concluye que los niveles lumínicos dependen en gran mayoría de las propiedades del plafón, ya que se notó más el cambio de los niveles al variar las propiedades del plafón desde un nivel alto, medio y bajo. En definitiva, la mejor opción sería mantener un plafón con una reflectancia arriba del 80% para que distribuya de manera uniforme la luz al interior y evitar en los muros colores blancos por su grado de deslumbramiento a lo largo del año. En Todos los gráficos mostrados anteriormente se incluyó tanto el uso del cristal claro como del cristal actual, para observar más a detalle que ocurriría si además de elegir una correcta combinación de reflectancias se escoge un cristal claro, fácilmente obtenemos valores muy cercanos o en su caso por encima de la normatividad.

7.8.3 FACTOR OBSTRUCCIONES

Las obstrucciones juegan un papel decisivo en el medio circundante pues son objetos que pueden llegar a reducir la visión del cielo a través de cualquier sistema de ventanería y por lo tanto reducir o aumentar los niveles de iluminancia al interior. Como se vio en el capítulo 6 se clasifican en dos grupos principales: los naturales ya sean obstáculos tales como árboles, terreno en pendiente y artificiales: estructuras edificadas de cualquier tipo, que raramente pueden ser modificados.

Las condiciones de iluminación que existen en el interior de los espacios arquitectónicos, como hemos dicho anteriormente, se verán siempre modificados de acuerdo al entorno que rodea al edificio ya que las obstrucciones bloquean el paso de la luz solar a su alrededor y pueden modificar la cantidad y calidad de luz en ciertas horas del día por el movimiento mismo del sol a lo largo del día y del año.

Por facilidad del manejo y reducción de variables nos enfocaremos al monitoreo primordialmente a las artificiales siendo el objetivo particular: Determinar los valores de iluminancia variando la distancia longitudinal al espacio de estudio en tres medidas (5,10 y 15 m), tres alturas (3, 6 y 10 m) y en base a materiales lisos con dos transmitancias (alta del 80% y baja del 30%) a fin de arrojar un índice de recomendaciones optimas en relación al edificio de estudio. La metodología experimental que se siguió para este punto fue hacer las mediciones pertinentes con el modelo físico tridimensional apoyándose del reloj solar universal para equinoccios y solsticios a las 8, 12 y 16 horas obteniendo valores absolutos (LUX) y relativos (FLD) con las siguientes combinaciones de obstrucciones:

1) Combinación A (Distancia 5 m + Altura 3 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)
2) Combinación AA (Distancia 5 m + Altura 3 m + Muro marrón con reflectancia baja 30%)
3) Combinación B (Distancia 10 m + Altura 6 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)
4) Combinación BB (Distancia 10 m + Altura 6 m + Muro marrón con reflectancia baja 30%)
5) Combinación C (Distancia 15 m + Altura 10 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)
6) Combinación CC (Distancia 15 m + Altura 10 m + Muro marrón con reflectancia baja 30%)

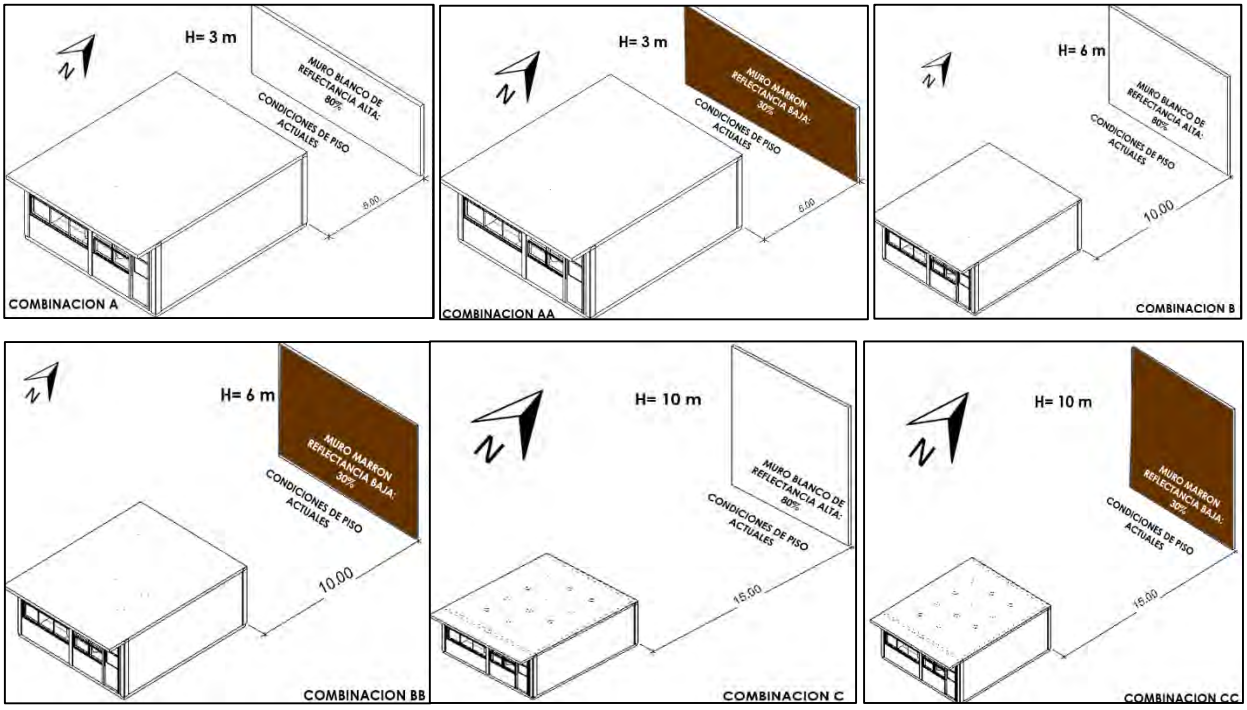


Figura 316. Combinaciones a analizar

7.8.3.1 ARTIFICIALES

7.8.3.1.1 COMBINACION A. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8310	149	143	137			137	149	143
		4	5	6					
FINAL	9300	124	121	109			109	124	118
8 AM		7	8	9					
		119	162	124			119	162	135
		10	11	12					
PROMEDIO	8805	197	252	295			197	295	248
		VALORES CRÍTICOS					109	295	161

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11200	395	374	366			366	395	379
		4	5	6					
FINAL	10440	344	334	295			295	344	324
12 PM		7	8	9					
		361	372	359			359	372	364
		10	11	12					
PROMEDIO	10820	398	417	425			398	425	413
		VALORES CRÍTICOS					295	425	370

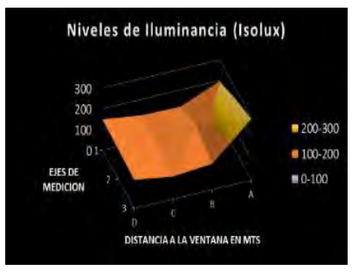
VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	274
MINIMO	214
MAXIMO	356

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7850	348	330	321			321	348	333
		4	5	6					
FINAL	6590	295	278	241			241	295	271
4 PM		7	8	9					
		240	249	239			239	249	242
		10	11	12					
PROMEDIO	7220	295	312	332			295	332	313
		VALORES CRÍTICOS					239	348	290

Tabla 125. Niveles de iluminancia combinación A-EQUINOCCIOS

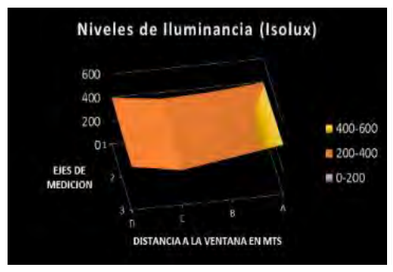
Gráficas 2D de Isolux

Graficas 3D de Isolux



Gráficas 2D de Isolux

Graficas 3D de Isolux



Gráficas 2D de Isolux

Graficas 3D de Isolux

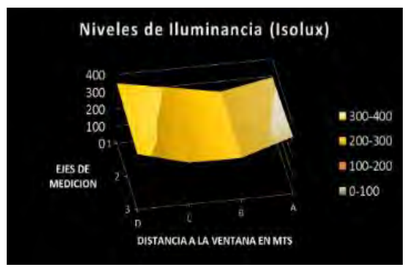


Figura 317. Niveles de iluminancia combinación A-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-400 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 274 lux con valores mínimos de 214 y máximos de 356 lux al ser la combinación con alta reflectancia.

7.8.3.1.2 COMBINACION A. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8310	1,7	1,6	1,6			1,6	1,7	1,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	9300	1,4	1,4	1,2			1,2	1,4	1,3	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,4	1,8	1,4			1,4	1,8	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8805	2,2	2,9	3,3			2,2	3,3	2,8	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,3	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11200	3,65	3,46	3,39			3,39	3,65	3,50	0,97
		4	5	6						
FINAL	10440	3,18	3,08	2,73			2,73	3,18	3,00	0,91
12 PM		7	8	9						
		3,33	3,44	3,32			3,32	3,44	3,36	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10820	3,68	3,85	3,92			3,68	3,92	3,82	0,96
		VALORES CRÍTICOS					2,73	3,92	3,42	0,80

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,09
MINIMO	2,42
MAXIMO	4,03
UNIFORMIDAD	0,77

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7850	4,819	4,573	4,445			4,44	4,82	4,61	0,96
		4	5	6						
FINAL	6590	4,081	3,845	3,343			3,34	4,08	3,76	0,89
		7	8	9						
4 PM		3,324	3,442	3,304			3,30	3,44	3,36	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	7220	4,081	4,327	4,592			4,08	4,59	4,33	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,30	4,82	4,01	0,82

Tabla 126. Porcentajes de Factor de Día combinación A-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

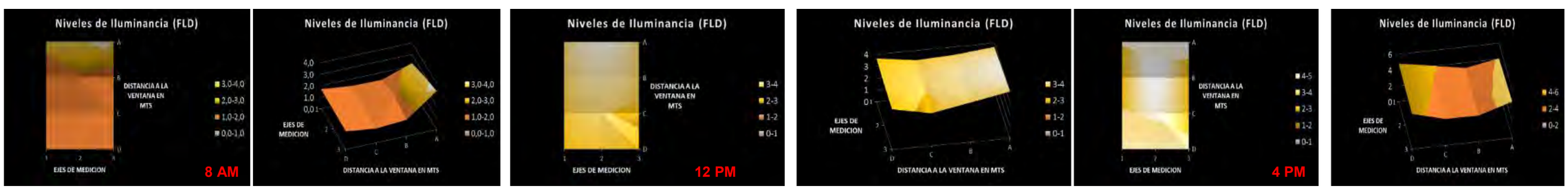


Figura 318. Porcentajes de Factor de Día combinación A-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,09 % con valores mínimos de 2,42 % y máximos de 4,03 %. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.3.1.3 COMBINACION A. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	284
MINIMO	238
MAXIMO	386

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9100	93,7	83,8	78,1			78	94	85
		4	5	6					
FINAL	8910	90,2	91,6	76,7			77	92	86
		7	8	9					
		104	108	104			104	108	105
8 AM		10	11	12					
PROMEDIO	9005	141	180	231			141	231	184
		VALORES CRÍTICOS					76,68	230,75	115

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12500	386	375	381			374,88	386,24	381
		4	5	6					
FINAL	11910	381	369	359			358,55	380,56	369
		7	8	9					
		400	415	404			399,73	414,64	406
12 PM		10	11	12					
PROMEDIO	12205	478	496	504			477,83	504,1	493
		VALORES CRÍTICOS					358,55	504,1	412

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9200	304,6	284	277,6			277,61	304,59	289
		4	5	6					
FINAL	8150	291,1	287,6	282,6			282,58	291,1	287
		7	8	9					
		318,1	323,8	318,8			318,08	323,76	320
4 PM		10	11	12					
PROMEDIO	8675	387	402,6	424,6			386,95	424,58	405
		VALORES CRÍTICOS					277,61	424,58	325

Tabla 127. Niveles de iluminancia combinación A-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

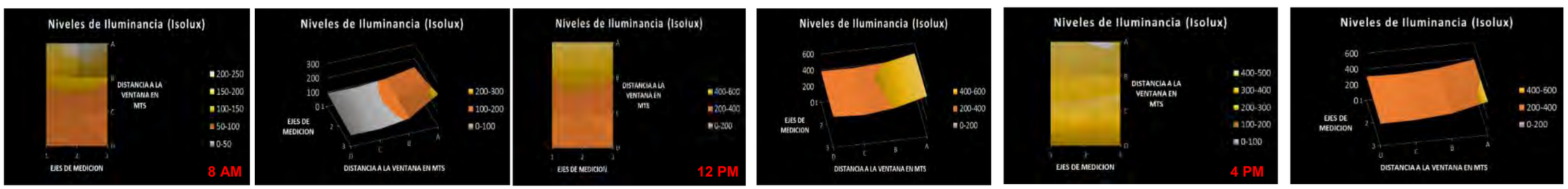


Figura 319. Niveles de Iluminancia combinación A-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 284 lux con valores mínimos de 238 y máximos de 386 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía.

7.8.3.1.4 COMBINACION A. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCC	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,80
MINIMO	2,33
MAXIMO	3,86
UNIFORMIDAD	0,80

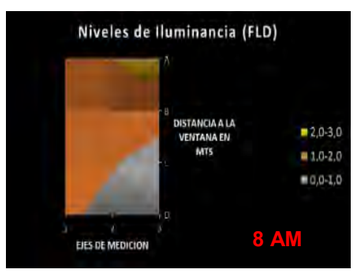
ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9100	1,0	0,9	0,9			0,9	1,0	0,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	8910	1,0	1,0	0,9			0,9	1,0	1,0	0,9
		7	8	9						
		1,2	1,2	1,2			1,2	1,2	1,2	1,0
8 AM		10	11	12						
PROMEDIO	9005	1,6	2,0	2,6			1,6	2,6	2,0	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,9	2,6	1,3	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12500	3,16	3,07	3,12			3,07	3,16	3,12	0,98
		4	5	6						
FINAL	11910	3,12	3,02	2,94			2,94	3,12	3,03	0,97
		7	8	9						
		3,28	3,4	3,31			3,28	3,40	3,33	0,98
12 PM		10	11	12						
PROMEDIO	12205	3,92	4,06	4,13			3,92	4,13	4,04	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,94	4,13	3,38	0,87

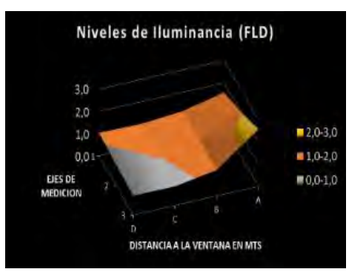
ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9200	3,511	3,274	3,2			3,20	3,51	3,33	0,96
		4	5	6						
FINAL	8150	3,356	3,315	3,257			3,26	3,36	3,31	0,98
		7	8	9						
4 PM		3,667	3,732	3,675			3,67	3,73	3,69	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8675	4,461	4,641	4,894			4,46	4,89	4,67	0,96
		VALORES CRÍTICOS					3,20	4,89	3,75	0,85

Tabla 128. Porcentajes de Factor de Día combinación A-VERANO

Gráficas 2D de FLD

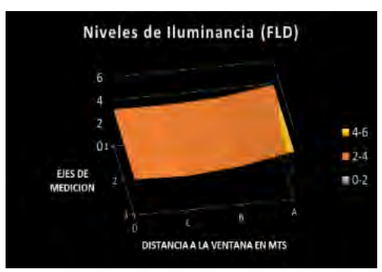


Graficas 3D de FLD

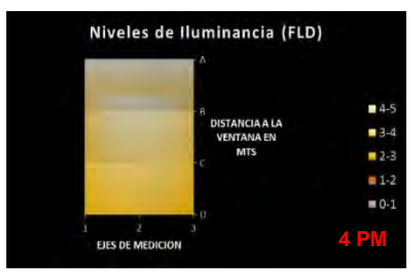


Gráficas 2D de FLD

Graficas 3D de FLD



Gráficas 2D de FLD



Graficas 3D de FLD

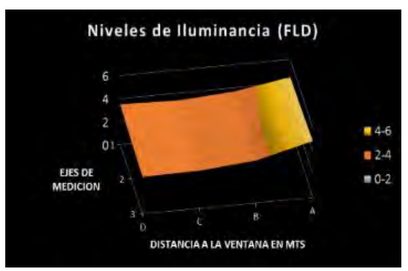


Figura 320. Porcentajes de Factor de Día combinación A-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,80 % con valores mínimos de 2,33% y máximos de 3,86 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.1.5 COMBINACION A. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	217	224	191			191	224	210
		4	5	6					
FINAL	9100	155	141	137			137	155	144
8 AM		7	8	9					
		106	113	114			106	114	111
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	244	291	317			244	317	284
		VALORES CRÍTICOS					106	317	187

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10900	284	315	273			273	315	290
		4	5	6					
FINAL	10798	220	209	202			202	220	211
12 PM		7	8	9					
		173	200	168			168	200	180
		10	11	12					
PROMEDIO	10849	319	372	398			319	398	363
		VALORES CRÍTICOS					168	398	261

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	217
MINIMO	133
MAXIMO	361

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8100	204	207	190			190	207	200
		4	5	6					
FINAL	7250	149	138	126			126	149	138
4 PM		7	8	9					
		135	160	134			134	160	143
		10	11	12					
PROMEDIO	7675	274	333	369			274	369	325
		VALORES CRÍTICOS					126	369	202

Tabla 129. Niveles de iluminancia combinación A-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

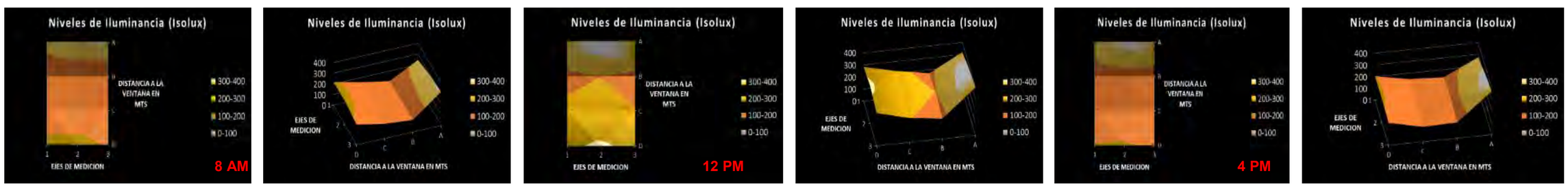


Figura 321. Nivel de iluminancia combinación A-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 400 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 217 lux con valores mínimos de 133 y máximos de 361 lux.

7.8.3.1.6 COMBINACION A. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,40
MINIMO	1,47
MAXIMO	4,04
UNIFORMIDAD	0,61

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
8 AM	INICIAL	8300	2,5	2,6	2,2			2,2	2,6	2,4	0,9
			4	5	6						
	FINAL	9100	1,8	1,6	1,6			1,6	1,8	1,7	0,9
			7	8	9						
			1,2	1,3	1,3			1,2	1,3	1,3	1,0
			10	11	12						
	PROMEDIO	8700	2,8	3,3	3,6			2,8	3,6	3,3	0,9
			VALORES CRÍTICOS					1,2	3,6	2,2	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
12 PM	INICIAL	10900	2,62	2,9	2,51			2,51	2,90	2,68	0,94
			4	5	6						
	FINAL	10798	2,03	1,93	1,87			1,87	2,03	1,94	0,96
			7	8	9						
			1,6	1,84	1,55			1,55	1,84	1,66	0,93
			10	11	12						
	PROMEDIO	10849	2,94	3,43	3,66			2,94	3,66	3,34	0,88
			VALORES CRÍTICOS					1,55	3,66	2,41	0,64

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
4 PM	INICIAL	8100	2,655	2,692	2,479			2,48	2,69	2,61	0,95
			4	5	6						
	FINAL	7250	1,943	1,804	1,647			1,65	1,94	1,80	0,92
			7	8	9						
			1,758	2,081	1,748			1,75	2,08	1,86	0,94
			10	11	12						
	PROMEDIO	7675	3,571	4,339	4,81			3,57	4,81	4,24	0,84
			VALORES CRÍTICOS					1,65	4,81	2,63	0,63

Tabla 130. Porcentajes de Factor de Día combinación A-INVIERNO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

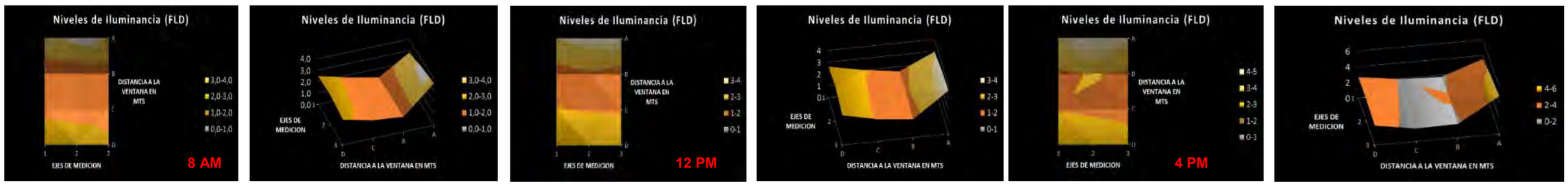


Figura 322. Porcentajes de Factor de Día combinación A-INVIERNO

Figura 323. Registro fotográfico de combinación A

7.8.3.1.7 CONCLUSIONES

Las obstrucciones pueden perjudicar o ayudar a un espacio en particular y por ello es muy interesante el analizar las variables en las distintas combinaciones antes descritas. Si existe un edificio contiguo con reflectancias altas puede causar excesivos deslumbramientos en ciertas épocas del año y en caso contrario puede oscurecer el espacio de análisis. Una obstrucción bajo esta combinación y la orientación del inmueble, en verano nos arrojan valores con valores promedio de 224 lux, el invierno con promedios de 171 lux y primavera con valores promedio de 216 lux, existiendo aun así un ligero aumento de la iluminación debido a reflexiones externas.

7.8.3.1.8 COMBINACION AA. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	269
MINIMO	211
MAXIMO	352

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8310	142	138	136			136	142	139
		4	5	6					
FINAL	9300	121	117	107			107	121	115
8 AM		7	8	9					
		114	156	119			114	156	130
		10	11	12					
PROMEDIO	8805	192	249	291			192	291	244
		VALORES CRÍTICOS					107	291	157

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11200	391	369	363			363	391	374
		4	5	6					
FINAL	10440	338	332	291			291	338	320
12 PM		7	8	9					
		356	366	353			353	366	358
		10	11	12					
PROMEDIO	10820	396	409	420			396	420	408
		VALORES CRÍTICOS					291	420	365

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7850	344	327	318			318	344	330
		4	5	6					
FINAL	6590	291	274	238			238	291	268
4 PM		7	8	9					
		234	246	234			234	246	238
		10	11	12					
PROMEDIO	7220	289	306	325			289	325	307
		VALORES CRÍTICOS					234	344	286

Tabla 131. Niveles de iluminancia combinación AA-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

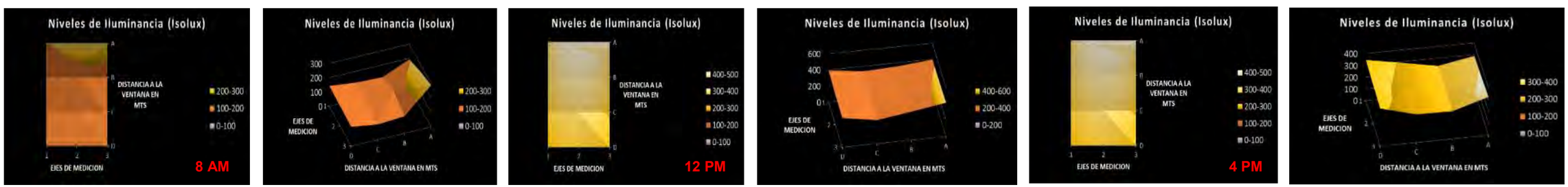


Figura 324. Niveles de iluminancia combinación AA-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 269 lux con valores mínimos de 211 y máximos de 352 lux al ser la combinación con baja reflectancia.

7.8.3.1.9 COMBINACION AA. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada .4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,04
MINIMO	2,38
MAXIMO	3,98
UNIFORMIDAD	0,77

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8310	1,6	1,6	1,5			1,5	1,6	1,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	9300	1,4	1,3	1,2			1,2	1,4	1,3	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,3	1,8	1,4			1,3	1,8	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8805	2,2	2,8	3,3			2,2	3,3	2,8	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,3	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11200	3,61	3,41	3,35			3,35	3,61	3,46	0,97
		4	5	6						
FINAL	10440	3,12	3,06	2,69			2,69	3,12	2,96	0,91
12 PM		7	8	9						
		3,29	3,38	3,26			3,26	3,38	3,31	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	10820	3,66	3,78	3,88			3,66	3,88	3,77	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,69	3,88	3,38	0,80

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7850	4,769	4,524	4,406			4,41	4,77	4,57	0,96
		4	5	6						
FINAL	6590	4,032	3,796	3,294			3,29	4,03	3,71	0,89
		7	8	9						
4 PM		3,245	3,412	3,245			3,25	3,41	3,30	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	7220	4,002	4,238	4,504			4,00	4,50	4,25	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,25	4,77	3,96	0,82

Tabla 132. Porcentajes de Factor de Día combinación AA-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

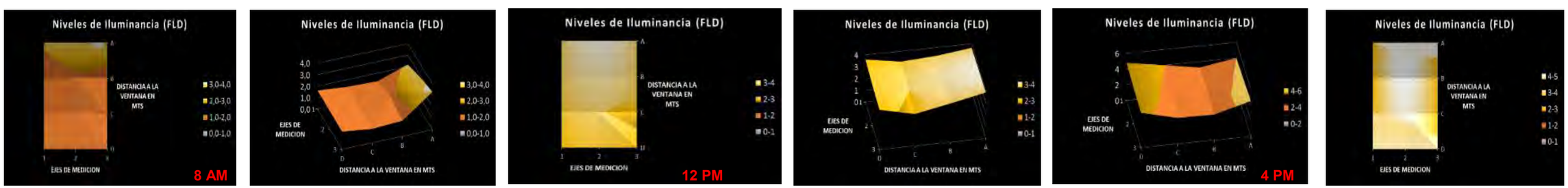


Figura 325. Porcentajes de Factor de Día combinación AA-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,04 % con valores mínimos de 2,38 % y máximos de 3,98 %. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.3.1.10 COMBINACION AA. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCX	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	280
MINIMO	234
MAXIMO	382

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9100	92,3	80,2	74,6			75	92	82
		4	5	6					
FINAL	8910	85,2	88	71			71	88	81
		7	8	9					
8 AM		99,4	107	103			99	107	103
		10	11	12					
PROMEDIO	9005	139	178	227			139	227	181
		VALORES CRÍTICOS					71	227,2	112

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12500	383	371	378			370,62	383,4	377
		4	5	6					
FINAL	11910	377	366	353			352,87	377,01	365
		7	8	9					
12 PM		396	412	398			396,18	411,8	402
		10	11	12					
PROMEDIO	12205	472	490	498			472,15	497,71	487
		VALORES CRÍTICOS					352,87	497,71	408

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9200	298,2	280,5	276,9			276,9	298,2	285
		4	5	6					
FINAL	8150	284,7	281,9	277,6			277,61	284,71	281
		7	8	9					
4 PM		312,4	318,1	312,4			312,4	318,08	314
		10	11	12					
PROMEDIO	8675	382,7	395,5	419,6			382,69	419,61	399
		VALORES CRÍTICOS					276,9	419,61	320

Tabla 133. Niveles de iluminancia combinación AA-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

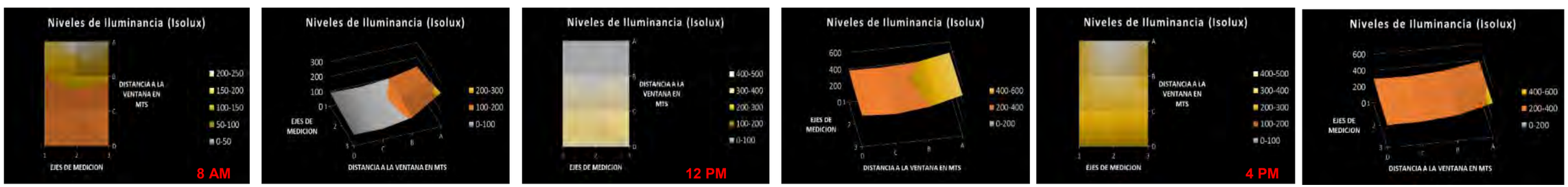


Figura 326. Niveles de Iluminancia combinación AA-VERANO

Observaciones:

En esta estación en particular se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 100-200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 280 lux con valores mínimos de 234 y máximos de 382 lux al ser la combinación con baja reflectancia.

7.8.3.1.11 COMBINACION AA. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,76
MINIMO	2,29
MAXIMO	3,81
UNIFORMIDAD	0,79

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9100	1,0	0,9	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	8910	0,9	1,0	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,1	1,2	1,1			1,1	1,2	1,1	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9005	1,5	2,0	2,5			1,5	2,5	2,0	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,8	2,5	1,2	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12500	3,14	3,04	3,09			3,04	3,14	3,09	0,98
		4	5	6						
FINAL	11910	3,09	3	2,89			2,89	3,09	2,99	0,97
		7	8	9						
12 PM		3,25	3,37	3,26			3,25	3,37	3,29	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12205	3,87	4,01	4,08			3,87	4,08	3,99	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,89	4,08	3,34	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9200	3,437	3,233	3,192			3,19	3,44	3,29	0,97
		4	5	6						
FINAL	8150	3,282	3,249	3,2			3,20	3,28	3,24	0,99
		7	8	9						
4 PM		3,601	3,667	3,601			3,60	3,67	3,62	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8675	4,411	4,559	4,837			4,41	4,84	4,60	0,96
		VALORES CRÍTICOS					3,19	4,84	3,69	0,87

Tabla 134. Porcentajes de Factor de Día combinación AA-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

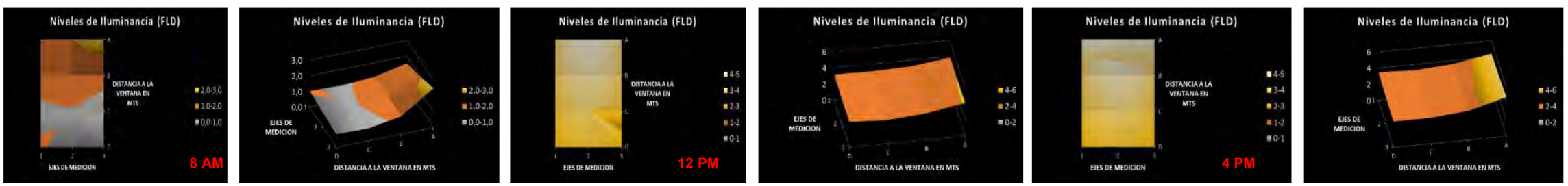


Figura 327. Porcentajes de Factor de Día combinación A-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,76 % con valores mínimos de 2,39% y máximos de 3,81 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.1.12 COMBINACION AA. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	213	220	185			185	220	206
		4	5	6					
FINAL	9100	151	137	135			135	151	141
8 AM		7	8	9					
		105	107	108			105	108	107
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	241	285	314			241	314	280
		VALORES CRÍTICOS					105	314	183

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10900	278	312	271			271	312	287
		4	5	6					
FINAL	10798	215	207	200			200	215	207
12 PM		7	8	9					
		170	199	165			165	199	178
		10	11	12					
PROMEDIO	10849	315	370	395			315	395	360
		VALORES CRÍTICOS					165	395	258

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	213
MINIMO	131
MAXIMO	358

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8100	200	203	186			186	203	196
		4	5	6					
FINAL	7250	143	136	124			124	143	134
4 PM		7	8	9					
		131	156	131			131	156	139
		10	11	12					
PROMEDIO	7675	272	327	364			272	364	321
		VALORES CRÍTICOS					124	364	198

Tabla 135. Niveles de iluminancia combinación AA-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

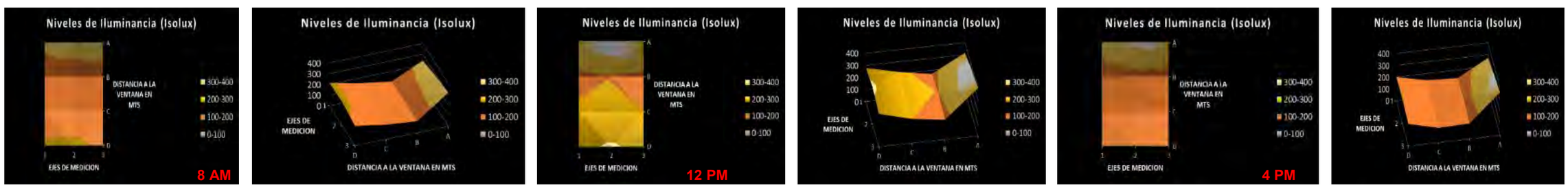


Figura 328. Nivel de iluminancia combinación AA-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 213 lux con valores mínimos de 131 y máximos de 358 lux.

7.8.3.1.13 COMBINACION AA. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,35
MINIMO	1,45
MAXIMO	4,00
UNIFORMIDAD	0,61

Tabla 136. Porcentajes de Factor de Día combinación A-INVIERNO

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		8300	2,4	2,5	2,1			2,1	2,5	2,4	0,9
			4	5	6						
FINAL	8 AM	9100	1,7	1,6	1,6			1,6	1,7	1,6	1,0
			7	8	9						
			1,2	1,2	1,2			1,2	1,2	1,2	1,0
			10	11	12						
PROMEDIO		8700	2,8	3,3	3,6			2,8	3,6	3,2	0,9
			VALORES CRÍTICOS					1,2	3,6	2,1	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		10900	2,57	2,88	2,5			2,50	2,88	2,65	0,94
			4	5	6						
FINAL	12 PM	10798	1,98	1,9	1,85			1,85	1,98	1,91	0,97
			7	8	9						
			1,57	1,83	1,52			1,52	1,83	1,64	0,93
			10	11	12						
PROMEDIO		10849	2,91	3,41	3,64			2,91	3,64	3,32	0,88
			VALORES CRÍTICOS					1,52	3,64	2,38	0,64

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		8100	2,609	2,646	2,424			2,42	2,65	2,56	0,95
			4	5	6						
FINAL	4 PM	7250	1,869	1,767	1,61			1,61	1,87	1,75	0,92
			7	8	9						
			1,711	2,035	1,702			1,70	2,04	1,82	0,94
			10	11	12						
PROMEDIO		7675	3,543	4,255	4,746			3,54	4,75	4,18	0,85
			VALORES CRÍTICOS					1,61	4,75	2,58	0,62

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

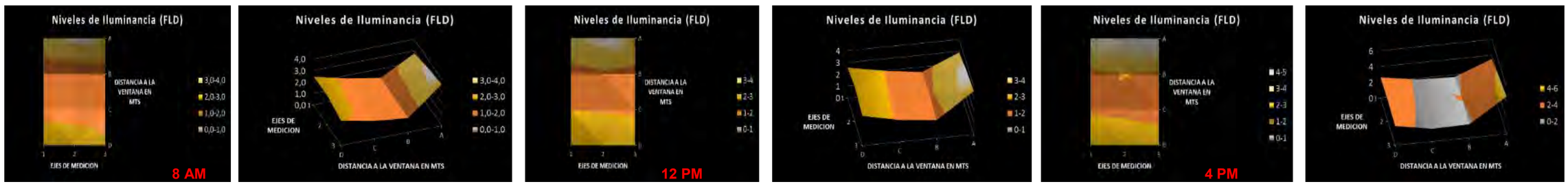


Figura 329. Porcentajes de Factor de Día combinación A-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,35 % con valores mínimos de 1,45 % y máximos de 4,00 %, con condiciones desfavorables al igual que las reales en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%.

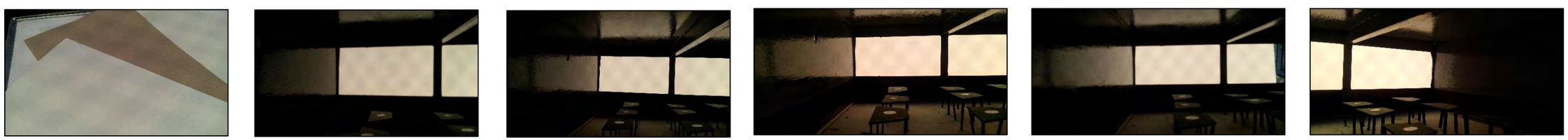


Figura 330. Registro fotográfico de combinación AA

7.8.3.1.14 CONCLUSIONES

Para este caso opuesto donde la reflectancia de la obstrucción contigua ubicada al norte de nuestro salón es baja, presenta condiciones ligeramente desfavorables en comparación a la combinación pasada, ya que en verano nos arroja valores con valores promedio de 221 lux, el invierno con promedio de 168 lux y primavera con valores promedio de 212 lux, existiendo así un ligera reducción de la iluminación debido a reflexiones externas, en comparación con el caso anterior, teniendo valores en general por debajo del umbral mayor en la normatividad actual (500 lux). Una vez más nos damos cuenta que las reflectancias tienen un papel sobresaliente en cualquier estrategia de diseño de iluminación natural, en este caso, como factor extremo influye en cierto modo a nuestro caso de estudio.

7.8.3.1.15 COMBINACION B. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

8 AM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8220	151	144	138			138	151	144
		4	5	6					
FINAL	9100	124	121	109			109	124	118
		7	8	9					
		117	149	122			117	149	129
		10	11	12					
PROMEDIO	8660	195	245	284			195	284	241
		VALORES CRÍTICOS					109	284	158

12 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11200	394	376	366			366	394	379
		4	5	6					
FINAL	10450	341	405	295			295	405	347
		7	8	9					
		364	371	362			362	371	366
		10	11	12					
PROMEDIO	10825	398	415	423			398	423	412
		VALORES CRÍTICOS					295	423	376

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	276
MINIMO	215
MAXIMO	355

4 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7450	359	334	327			327	359	340
		4	5	6					
FINAL	6000	297	284	245			245	297	275
		7	8	9					
		243	251	241			241	251	245
		10	11	12					
PROMEDIO	6725	297	319	336			297	336	317
		VALORES CRÍTICOS					241	359	294

Tabla 137. Niveles de iluminancia combinación B-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 331. Niveles de iluminancia combinación B-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 276 lux con valores mínimos de 215 y máximos de 355 lux al ser la combinación con alta reflectancia.

7.8.3.1.16 COMBINACION B. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8220	1,7	1,7	1,6			1,6	1,7	1,7	1,0
		4	5	6						
FINAL	9100	1,4	1,4	1,3			1,3	1,4	1,4	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,4	1,7	1,4			1,4	1,7	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8660	2,3	2,8	3,3			2,3	3,3	2,8	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,3	3,3	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11200	3,64	3,48	3,38			3,38	3,64	3,50	0,97
		4	5	6						
FINAL	10450	3,15	3,74	2,72			2,72	3,74	3,20	0,85
12 PM		7	8	9						
		3,36	3,43	3,35			3,35	3,43	3,38	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10825	3,67	3,84	3,91			3,67	3,91	3,81	0,96
		VALORES CRÍTICOS					2,72	3,91	3,47	0,78

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,23
MINIMO	2,52
MAXIMO	4,17
UNIFORMIDAD	0,76

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7450	5,332	4,962	4,857			4,86	5,33	5,05	0,96
		4	5	6						
FINAL	6000	4,413	4,223	3,642			3,64	4,41	4,09	0,89
4 PM		7	8	9						
		3,611	3,737	3,579			3,58	3,74	3,64	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	6725	4,424	4,74	4,994			4,42	4,99	4,72	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,58	5,33	4,38	0,82

Tabla 138. Porcentajes de Factor de Día combinación B-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

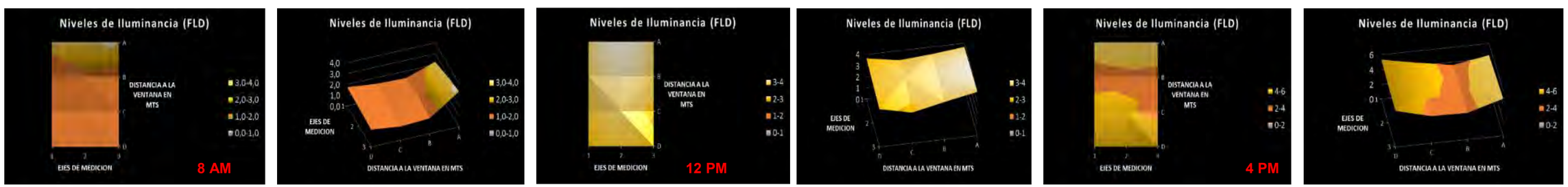


Figura 332. Porcentajes de Factor de Día combinación B-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,23 % con valores mínimos de 2,52 % y máximos de 4,17 %. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.3.1.17 COMBINACION B. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9240	98,7	88	80,9			81	99	89
		4	5	6					
FINAL	9050	94,4	95,9	83,1			83	96	91
8 AM		7	8	9					
		106	113	106			106	113	108
		10	11	12					
PROMEDIO	9145	146	187	236			146	236	189
		VALORES CRÍTICOS					80,94	235,72	119

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12510	389	379	385			379,14	389,08	384
		4	5	6					
FINAL	11900	383	376	366			365,65	383,4	375
12 PM		7	8	9					
		410	421	408			408,25	421,03	413
		10	11	12					
PROMEDIO	12205	486	500	508			486,35	507,65	498
		VALORES CRÍTICOS					365,65	507,65	418

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	289
MINIMO	244
MAXIMO	389

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9250	308,9	291,1	287,6			287,55	308,85	296
		4	5	6					
FINAL	8200	298,2	294,7	286,8			286,84	298,2	293
		7	8	9					
4 PM		323,1	326,6	325,9			323,05	326,6	325
		10	11	12					
PROMEDIO	8725	398,3	401,2	424,6			398,31	424,58	408
		VALORES CRÍTICOS					286,84	424,58	331

Tabla 139. Niveles de iluminancia combinación B-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

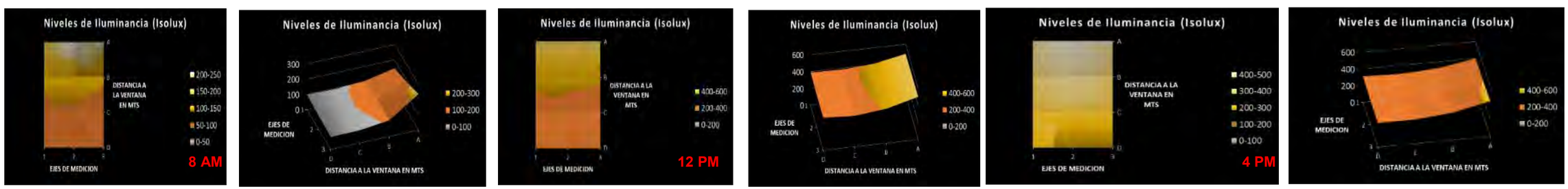


Figura 333. Niveles de Iluminancia combinación B-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 289 lux con valores mínimos de 244 y máximos de 389 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía.

7.8.3.1.18 COMBINACION B. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9240	1,1	1,0	0,9			0,9	1,1	1,0	0,9
		4	5	6						
FINAL	9050	1,0	1,0	0,9			0,9	1,0	1,0	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,2	1,2	1,2			1,2	1,2	1,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9145	1,6	2,0	2,6			1,6	2,6	2,1	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,9	2,6	1,3	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12510	3,19	3,11	3,15			3,11	3,19	3,15	0,99
		4	5	6						
FINAL	11900	3,14	3,08	3			3,00	3,14	3,07	0,98
		7	8	9						
12 PM		3,36	3,45	3,34			3,34	3,45	3,39	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12205	3,98	4,1	4,16			3,98	4,16	4,08	0,98
		VALORES CRÍTICOS					3,00	4,16	3,42	0,88

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,84
MINIMO	2,39
MAXIMO	3,87
UNIFORMIDAD	0,81

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9250	3,54	3,336	3,296			3,30	3,54	3,39	0,97
		4	5	6						
FINAL	8200	3,418	3,377	3,288			3,29	3,42	3,36	0,98
		7	8	9						
4 PM		3,703	3,743	3,735			3,70	3,74	3,73	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8725	4,565	4,598	4,866			4,57	4,87	4,68	0,98
		VALORES CRÍTICOS					3,29	4,87	3,79	0,87

Tabla 140. Porcentajes de Factor de Día combinación B-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 334. Porcentajes de Factor de Día combinación B-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,84 % con valores mínimos de 2,39% y máximos de 3,87 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.1.19 COMBINACION B. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8350	217	226	188			188	226	211
		4	5	6					
FINAL	9150	155	140	138			138	155	145
8 AM		7	8	9					
		109	116	119			109	119	115
		10	11	12					
PROMEDIO	8750	246	294	319			246	319	286
		VALORES CRÍTICOS					109	319	189

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10950	288	320	278			278	320	295
		4	5	6					
FINAL	10750	224	212	205			205	224	214
12 PM		7	8	9					
		178	208	174			174	208	186
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	322	375	403			322	403	366
		VALORES CRÍTICOS					174	403	265

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	220
MINIMO	137
MAXIMO	367

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8400	207	207	192			192	207	202
		4	5	6					
FINAL	7490	153	141	128			128	153	140
4 PM		7	8	9					
		138	162	136			136	162	145
		10	11	12					
PROMEDIO	7945	280	342	379			280	379	334
		VALORES CRÍTICOS					128	379	205

Tabla 141. Niveles de iluminancia combinación B-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

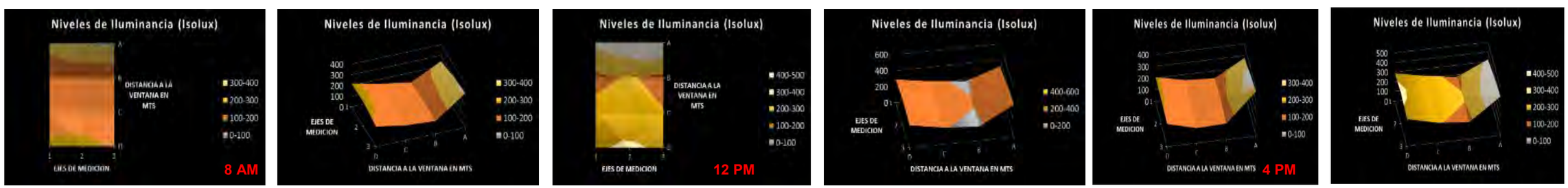


Figura 335. Nivel de iluminancia combinación B-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 220 lux con valores mínimos de 137 y máximos de 367 lux.

7.8.3.1.20 COMBINACION B. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,40
MINIMO	1,49
MAXIMO	4,04
UNIFORMIDAD	0,62

8 AM

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8350	2,5	2,6	2,2			2,2	2,6	2,4	0,9
		4	5	6						
FINAL	9150	1,8	1,6	1,6			1,6	1,8	1,7	1,0
		7	8	9						
		1,2	1,3	1,4			1,2	1,4	1,3	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	8750	2,8	3,4	3,6			2,8	3,6	3,3	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,6	2,2	0,6

12 PM

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	10950	2,65	2,94	2,57			2,57	2,94	2,72	0,94
		4	5	6						
FINAL	10750	2,07	1,95	1,89			1,89	2,07	1,97	0,96
		7	8	9						
		1,64	1,92	1,6			1,60	1,92	1,72	0,93
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	2,96	3,46	3,71			2,96	3,71	3,38	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,60	3,71	2,45	0,66

4 PM

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8400	2,609	2,601	2,422			2,42	2,61	2,54	0,95
		4	5	6						
FINAL	7490	1,921	1,769	1,609			1,61	1,92	1,77	0,91
		7	8	9						
		1,734	2,038	1,716			1,72	2,04	1,83	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	7945	3,521	4,307	4,772			3,52	4,77	4,20	0,84
		VALORES CRÍTICOS					1,61	4,77	2,58	0,62

Tabla 142. Porcentajes de Factor de Día combinación B-INVIERNO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

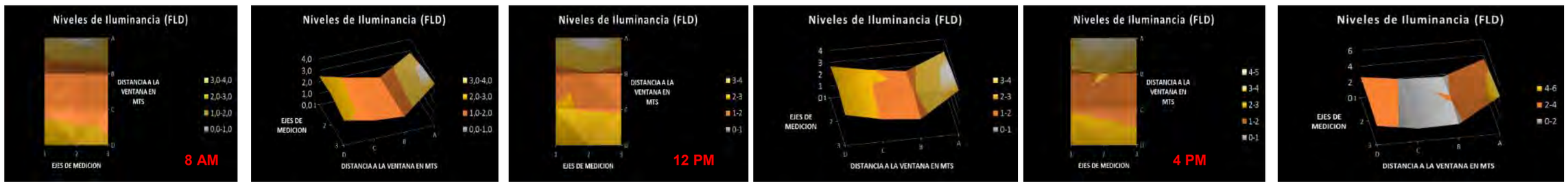


Figura 336. Porcentajes de Factor de Día combinación B-INVIERNO

Figura 337. Registro fotográfico de combinación B

7.8.3.1.21 CONCLUSIONES

Para esta combinación, la reflectancia al igual que en el caso A de la obstrucción contigua ubicada al norte de nuestro salón, al ser alta, puede ser molesta e incómoda al generar grandes reflexiones, especialmente en verano e invierno por la inclinación solar. En verano nos arroja valores promedio de 228 lux, el invierno con promedios de 174 lux y primavera con valores promedio de 218 lux, existiendo así un ligero aumento de la iluminación debido a reflexiones externas, teniendo valores en general por debajo del umbral mayor en la normatividad actual (500 lux). Una vez más nos damos cuenta que las reflectancias tienen un papel sobresaliente en cualquier estrategia de diseño de iluminación natural.

7.8.3.1.22 COMBINACION BB. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8200	142	139	131			131	142	138
		4	5	6					
FINAL	9200	121	118	102			102	121	114
8 AM		7	8	9					
		111	157	117			111	157	129
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	190	246	283			190	283	240
		VALORES CRÍTICOS					102	283	155

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11400	387	369	361			361	387	372
		4	5	6					
FINAL	10500	339	330	290			290	339	320
12 PM		7	8	9					
		357	367	358			357	367	361
		10	11	12					
PROMEDIO	10950	395	415	419			395	419	410
		VALORES CRÍTICOS					290	419	366

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	269
MINIMO	208
MAXIMO	351

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7870	351	327	322			322	351	333
		4	5	6					
FINAL	6650	285	281	237			237	285	268
4 PM		7	8	9					
		234	243	231			231	243	236
		10	11	12					
PROMEDIO	7260	285	309	327			285	327	307
		VALORES CRÍTICOS					231	351	286

Tabla 143. Niveles de iluminancia combinación BB-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

Figura 338. Niveles de iluminancia combinación BB-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 269 lux con valores mínimos de 208 y máximos de 351 lux al ser la combinación con baja reflectancia.

7.8.3.1.23 COMBINACION BB. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8200	1,6	1,6	1,5			1,5	1,6	1,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	9200	1,4	1,4	1,2			1,2	1,4	1,3	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,3	1,8	1,3			1,3	1,8	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8700	2,2	2,8	3,2			2,2	3,2	2,8	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,2	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11400	3,53	3,37	3,29			3,29	3,53	3,40	0,97
		4	5	6						
FINAL	10500	3,1	3,02	2,65			2,65	3,10	2,92	0,91
12 PM		7	8	9						
		3,26	3,35	3,27			3,26	3,35	3,29	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10950	3,61	3,79	3,83			3,61	3,83	3,74	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,65	3,83	3,34	0,79

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,02
MINIMO	2,34
MAXIMO	3,97
UNIFORMIDAD	0,75

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7870	4,841	4,499	4,43			4,43	4,84	4,59	0,97
		4	5	6						
FINAL	6650	3,931	3,873	3,266			3,27	3,93	3,69	0,89
4 PM		7	8	9						
		3,227	3,345	3,188			3,19	3,34	3,25	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	7260	3,931	4,254	4,499			3,93	4,50	4,23	0,93
		VALORES CRÍTICOS					3,19	4,84	3,94	0,81

Tabla 144. Porcentajes de Factor de Día combinación BB-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

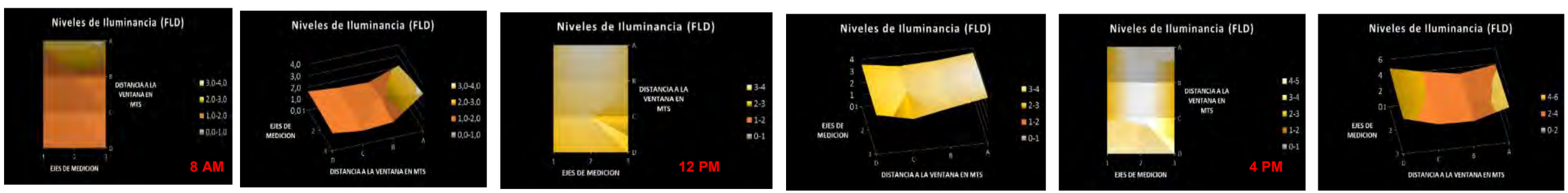


Figura 339. Porcentajes de Factor de Día combinación BB-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,02 % con valores mínimos de 2,34 % y máximos de 3,97 %. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.3.1.24 COMBINACION BB. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Datos base:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	281
MINIMO	236
MAXIMO	378

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9370	92,3	85,9	78,1			78	92	85
		4	5	6					
FINAL	9220	92,3	90,9	73,1			73	92	85
8 AM		7	8	9					
		99,4	107	101			99	107	102
		10	11	12					
PROMEDIO	9295	139	173	223			139	223	178
		VALORES CRÍTICOS					73,13	222,94	113

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12500	383	374	379			374,17	383,4	379
		4	5	6					
FINAL	11850	377	366	357			357,13	377,01	367
12 PM		7	8	9					
		405	413	403			402,57	412,51	407
		10	11	12					
PROMEDIO	12175	477	486	498			477,12	498,42	487
		VALORES CRÍTICOS					357,13	498,42	410

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9400	298,2	281,2	278,3			278,32	298,2	286
		4	5	6					
FINAL	8550	292,5	284,7	281,2			281,16	292,52	286
4 PM		7	8	9					
		312,4	321,6	313,1			312,4	321,63	316
		10	11	12					
PROMEDIO	8975	390,5	391,9	411,8			390,5	411,8	398
		VALORES CRÍTICOS					278,32	411,8	321

Tabla 145. Niveles de iluminancia combinación BB-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

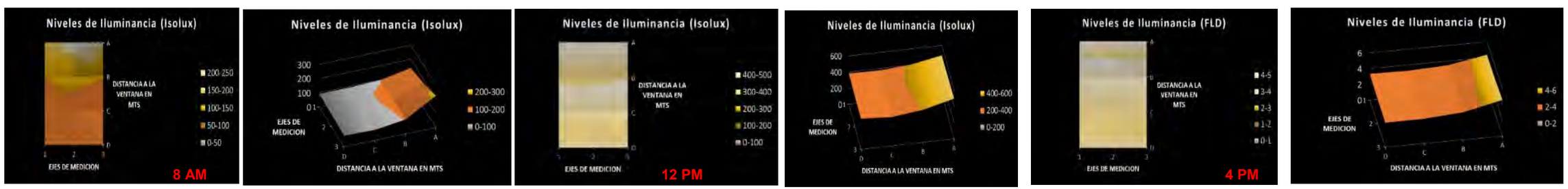


Figura 340. Niveles de Iluminancia combinación BB-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 281 lux con valores mínimos de 236 y máximos de 378 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía.

7.8.3.1.25 COMBINACION BB. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,72
MINIMO	2,27
MAXIMO	3,69
UNIFORMIDAD	0,80

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9370	1,0	0,9	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
		4	5	6						
FINAL	9220	1,0	1,0	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,1	1,1	1,1			1,1	1,1	1,1	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9295	1,5	1,9	2,4			1,5	2,4	1,9	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,8	2,4	1,2	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12500	3,15	3,07	3,11			3,07	3,15	3,11	0,99
		4	5	6						
FINAL	11850	3,1	3	2,93			2,93	3,10	3,01	0,97
12 PM		7	8	9						
		3,32	3,39	3,31			3,31	3,39	3,34	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12175	3,92	3,99	4,09			3,92	4,09	4,00	0,98
		VALORES CRÍTICOS					2,93	4,09	3,37	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9400	3,323	3,133	3,101			3,10	3,32	3,19	0,97
		4	5	6						
FINAL	8550	3,259	3,172	3,133			3,13	3,26	3,19	0,98
4 PM		7	8	9						
		3,481	3,584	3,489			3,48	3,58	3,52	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8975	4,351	4,367	4,588			4,35	4,59	4,44	0,98
		VALORES CRÍTICOS					3,10	4,59	3,58	0,87

Tabla 146. Porcentajes de Factor de Día combinación BB-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 341. Porcentajes de Factor de Día combinación BB-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,72 % con valores mínimos de 2,27% y máximos de 3,69 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.1.26 COMBINACION BB. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	211
MINIMO	130
MAXIMO	354

8 AM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	210	216	178			178	216	201
		4	5	6					
FINAL	9100	146	131	131			131	146	136
		7	8	9					
		103	108	111			103	111	107
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	234	285	307			234	307	275
		VALORES CRÍTICOS					103	307	180

12 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10900	278	313	273			273	313	288
		4	5	6					
FINAL	10850	213	206	195			195	213	205
		7	8	9					
		173	199	166			166	199	179
		10	11	12					
PROMEDIO	10875	312	359	391			312	391	354
		VALORES CRÍTICOS					166	391	256

4 PM	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8450	199	202	187			187	202	196
		4	5	6					
FINAL	7400	146	131	122			122	146	133
		7	8	9					
		130	145	131			130	145	135
		10	11	12					
PROMEDIO	7925	273	336	365			273	365	325
		VALORES CRÍTICOS					122	365	197

Tabla 147. Niveles de iluminancia combinación BB-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

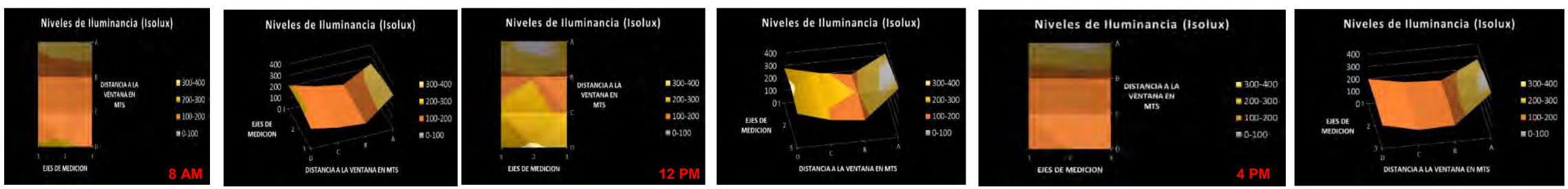


Figura 342. Nivel de iluminancia combinación BB-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 211 lux con valores mínimos de 130 y máximos de 354 lux.

7.8.3.1.27 COMBINACION BB. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,30
MINIMO	1,42
MAXIMO	3,91
UNIFORMIDAD	0,61

Tabla 148. Porcentajes de Factor de Día combinación BB-INVIERNO

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8300	2,4	2,5	2,0			2,0	2,5	2,3	0,9
		4	5	6						
FINAL	9100	1,7	1,5	1,5			1,5	1,7	1,6	1,0
8 AM		7	8	9						
		1,2	1,2	1,3			1,2	1,3	1,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	8700	2,7	3,3	3,5			2,7	3,5	3,2	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,5	2,1	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	10900	2,56	2,88	2,51			2,51	2,88	2,65	0,95
		4	5	6						
FINAL	10850	1,96	1,89	1,8			1,80	1,96	1,88	0,95
12 PM		7	8	9						
		1,59	1,83	1,53			1,53	1,83	1,65	0,93
		10	11	12						
PROMEDIO	10875	2,87	3,3	3,59			2,87	3,59	3,25	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,53	3,59	2,36	0,65

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8450	2,509	2,544	2,356			2,36	2,54	2,47	0,95
		4	5	6						
FINAL	7400	1,837	1,657	1,541			1,54	1,84	1,68	0,92
4 PM		7	8	9						
		1,639	1,828	1,657			1,64	1,83	1,71	0,96
		10	11	12						
PROMEDIO	7925	3,449	4,238	4,605			3,45	4,60	4,10	0,84
		VALORES CRÍTICOS					1,54	4,60	2,49	0,62

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

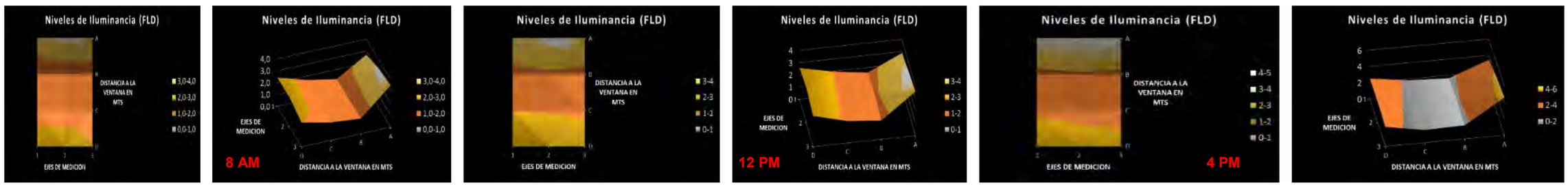


Figura 343. Porcentajes de Factor de Día combinación BB-INVIERNO

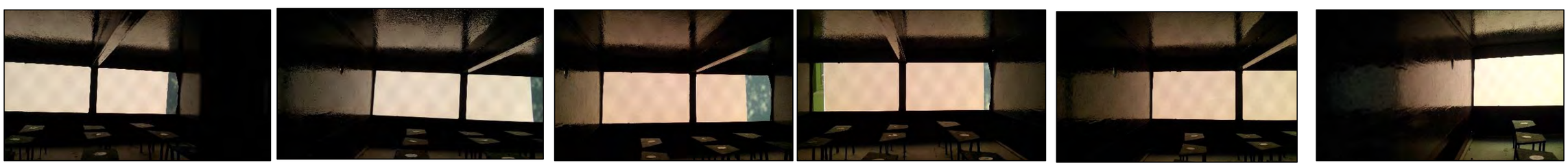


Figura 344. Registro fotográfico combinación BB

7.8.3.1.28 CONCLUSIONES

Para este caso opuesto donde la reflectancia de la obstrucción contigua ubicada al norte de nuestro salón es baja, presenta condiciones ligeramente desfavorables en comparación a la combinación pasada, ya que en verano nos arroja valores con valores promedio de 222 lux, el invierno con promedio de 167 lux y primavera con valores promedio de 212 lux, existiendo así un ligera reducción de la iluminación en comparación con el caso anterior de reflexión alta debido a reflexiones externas bajas, teniendo valores en general por debajo del umbral mayor en la normatividad actual (500 lux).

7.8.3.1.29 COMBINACION C. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:)

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	277
MINIMO	216
MAXIMO	355

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8500	149	142	138			138	149	143
		4	5	6					
FINAL	8750	125	123	110			110	125	119
8 AM		7	8	9					
		119	151	126			119	151	132
		10	11	12					
PROMEDIO	8625	197	244	284			197	284	242
		VALORES CRÍTICOS					110	284	159

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11250	393	378	367			367	393	379
		4	5	6					
FINAL	10400	343	413	296			296	413	351
12 PM		7	8	9					
		362	373	364			362	373	366
		10	11	12					
PROMEDIO	10825	403	417	422			403	422	414
		VALORES CRÍTICOS					296	422	378

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7400	360	337	327			327	360	342
		4	5	6					
FINAL	6500	298	285	246			246	298	277
4 PM		7	8	9					
		244	253	243			243	253	246
		10	11	12					
PROMEDIO	6950	300	319	337			300	337	319
		VALORES CRÍTICOS					243	360	296

Tabla 149. Niveles de iluminancia combinación C-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

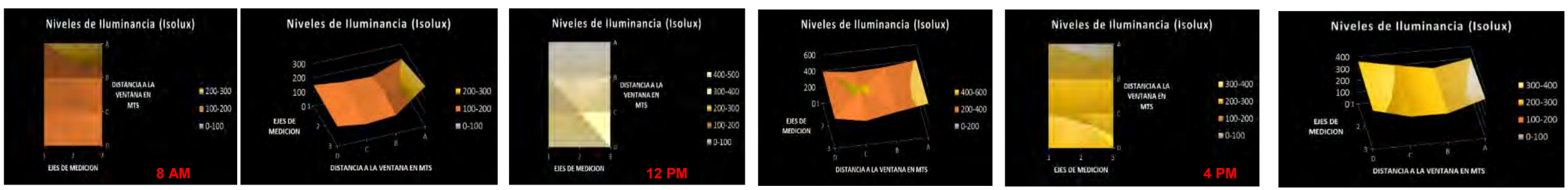


Figura 345. Niveles de iluminancia combinación C-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 200 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 277 lux con valores mínimos de 216 y máximos de 355 lux al ser la combinación con alta reflectancia.

7.8.3.1.30 COMBINACION C. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,20
MINIMO	2,50
MAXIMO	4,12
UNIFORMIDAD	0,77

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8500	1,7	1,6	1,6			1,6	1,7	1,7	1,0
		4	5	6						
FINAL	8750	1,4	1,4	1,3			1,3	1,4	1,4	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,4	1,8	1,5			1,4	1,8	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8625	2,3	2,8	3,3			2,3	3,3	2,8	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,3	3,3	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11250	3,63	3,49	3,39			3,39	3,63	3,50	0,97
		4	5	6						
FINAL	10400	3,17	3,82	2,74			2,74	3,82	3,24	0,84
12 PM		7	8	9						
		3,35	3,44	3,36			3,35	3,44	3,38	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	10825	3,72	3,85	3,9			3,72	3,90	3,82	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,74	3,90	3,49	0,78

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7400	5,179	4,853	4,709			4,71	5,18	4,91	0,96
		4	5	6						
FINAL	6500	4,291	4,107	3,545			3,54	4,29	3,98	0,89
		7	8	9						
4 PM		3,504	3,637	3,494			3,49	3,64	3,54	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	6950	4,321	4,587	4,853			4,32	4,85	4,59	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,49	5,18	4,26	0,82

Tabla 150. Porcentajes de Factor de Día combinación C-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

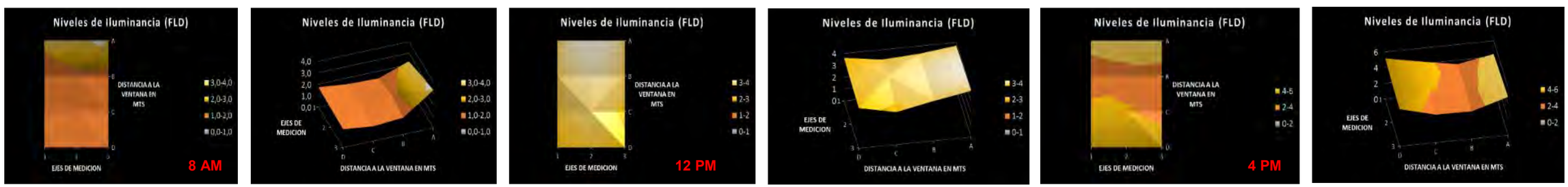


Figura 346. Porcentajes de Factor de Día combinación C-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,20 % con valores mínimos de 2,50 % y máximos de 4,12 %. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.3.1.31 COMBINACION C. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	291
MINIMO	246
MAXIMO	389

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9250	101	90,9	84,5			84	101	92
		4	5	6					
FINAL	9150	98,7	100	88,8			89	100	96
8 AM		7	8	9					
		109	116	111			109	116	112
		10	11	12					
PROMEDIO	9200	153	188	236			153	236	192
		VALORES CRÍTICOS					84,49	235,72	123

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12500	392	381	387			380,56	391,92	386
		4	5	6					
FINAL	12100	391	376	368			368,49	390,5	378
12 PM		7	8	9					
		412	416	410			410,38	416,06	413
		10	11	12					
PROMEDIO	12300	489	504	504			489,19	504,1	499
		VALORES CRÍTICOS					368,49	504,1	419

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9300	310,3	291,1	284,7			284,71	310,27	295
		4	5	6					
FINAL	8410	301,8	297,5	284			284	301,75	294
4 PM		7	8	9					
		325,9	328	328			325,89	328,02	327
		10	11	12					
PROMEDIO	8855	403,3	399	426			399,02	426	409
		VALORES CRÍTICOS					284	426	332

Tabla 151. Niveles de iluminancia combinación C-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

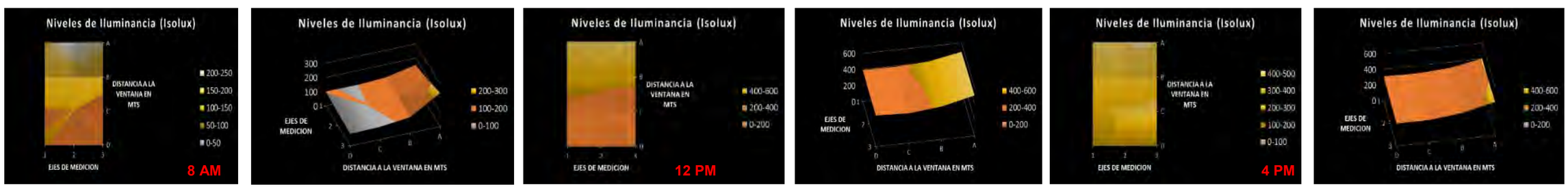


Figura 347. Niveles de Iluminancia combinación C-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 291 lux con valores mínimos de 246 y máximos de 389 lux.

7.8.3.1.32 COMBINACION C. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,83
MINIMO	2,37
MAXIMO	3,82
UNIFORMIDAD	0,81

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9250	1,1	1,0	0,9			0,9	1,1	1,0	0,9
		4	5	6						
FINAL	9150	1,1	1,1	1,0			1,0	1,1	1,0	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,2	1,3	1,2			1,2	1,3	1,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9200	1,7	2,0	2,6			1,7	2,6	2,1	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,9	2,6	1,3	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12500	3,19	3,09	3,15			3,09	3,19	3,14	0,98
		4	5	6						
FINAL	12100	3,17	3,05	3			3,00	3,17	3,07	0,97
		7	8	9						
12 PM		3,35	3,38	3,34			3,34	3,38	3,36	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12300	3,98	4,1	4,1			3,98	4,10	4,06	0,98
		VALORES CRÍTICOS					3,00	4,10	3,41	0,88

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9300	3,504	3,287	3,215			3,22	3,50	3,34	0,96
		4	5	6						
FINAL	8410	3,408	3,36	3,207			3,21	3,41	3,32	0,96
		7	8	9						
4 PM		3,68	3,704	3,704			3,68	3,70	3,70	1,00
		10	11	12						
PROMEDIO	8855	4,554	4,506	4,811			4,51	4,81	4,62	0,97
		VALORES CRÍTICOS					3,21	4,81	3,75	0,86

Tabla 152. Porcentajes de Factor de Día combinación C-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

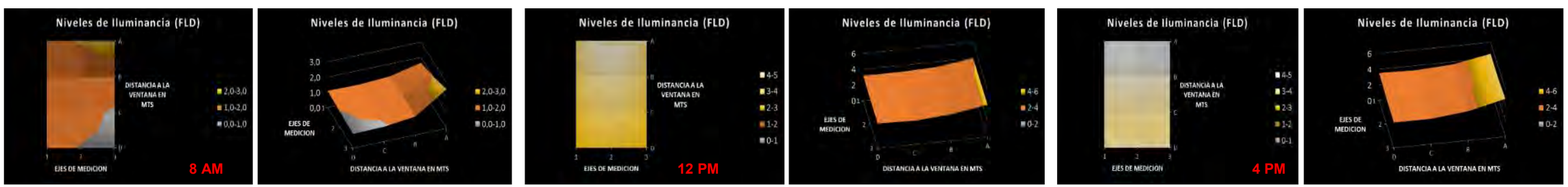


Figura 348. Porcentajes de Factor de Día combinación C-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,83 % con valores mínimos de 2,37% y máximos de 3,82 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.1.33 COMBINACION C. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	217
MINIMO	134
MAXIMO	360

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8300	213	224	185			185	224	207
		4	5	6					
FINAL	9100	153	136	137			136	153	142
		7	8	9					
8 AM		107	114	115			107	115	112
		10	11	12					
PROMEDIO	8700	241	293	312			241	312	282
		VALORES CRÍTICOS					107	312	186

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10900	284	316	277			277	316	292
		4	5	6					
FINAL	10850	222	209	204			204	222	212
		7	8	9					
12 PM		177	207	171			171	207	185
		10	11	12					
PROMEDIO	10875	320	369	392			320	392	360
		VALORES CRÍTICOS					171	392	262

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8450	206	202	188			188	206	199
		4	5	6					
FINAL	7550	149	138	124			124	149	137
		7	8	9					
4 PM		135	156	135			135	156	142
		10	11	12					
PROMEDIO	8000	278	342	376			278	376	332
		VALORES CRÍTICOS					124	376	202

Tabla 153. Niveles de iluminancia combinación C-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

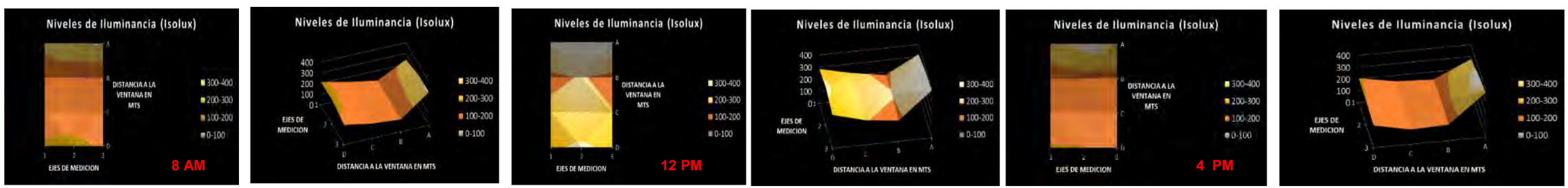


Figura 349. Nivel de iluminancia combinación C-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 217 lux con valores mínimos de 134 y máximos de 360 lux.

7.8.3.1.34 COMBINACION C. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,36
MINIMO	1,45
MAXIMO	3,97
UNIFORMIDAD	0,61

Tabla 154. Porcentajes de Factor de Día combinación C-INVIERNO

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
8 AM	INICIAL	8300	2,4	2,6	2,1			2,1	2,6	2,4	0,9
			4	5	6						
	FINAL	9100	1,8	1,6	1,6			1,6	1,8	1,6	1,0
			7	8	9						
			1,2	1,3	1,3			1,2	1,3	1,3	1,0
			10	11	12						
	PROMEDIO	8700	2,8	3,4	3,6			2,8	3,6	3,2	0,9
			VALORES CRÍTICOS					1,2	3,6	2,1	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
12 PM	INICIAL	10900	2,61	2,91	2,55			2,55	2,91	2,69	0,95
			4	5	6						
	FINAL	10850	2,04	1,93	1,87			1,87	2,04	1,95	0,96
			7	8	9						
			1,63	1,9	1,57			1,57	1,90	1,70	0,93
			10	11	12						
	PROMEDIO	10875	2,94	3,39	3,6			2,94	3,60	3,31	0,89
			VALORES CRÍTICOS					1,57	3,60	2,41	0,65

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
4 PM	INICIAL	8450	2,574	2,521	2,352			2,35	2,57	2,48	0,95
			4	5	6						
	FINAL	7550	1,864	1,722	1,553			1,55	1,86	1,71	0,91
			7	8	9						
			1,686	1,953	1,686			1,69	1,95	1,78	0,95
			10	11	12						
	PROMEDIO	8000	3,47	4,278	4,704			3,47	4,70	4,15	0,84
			VALORES CRÍTICOS					1,55	4,70	2,53	0,61

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

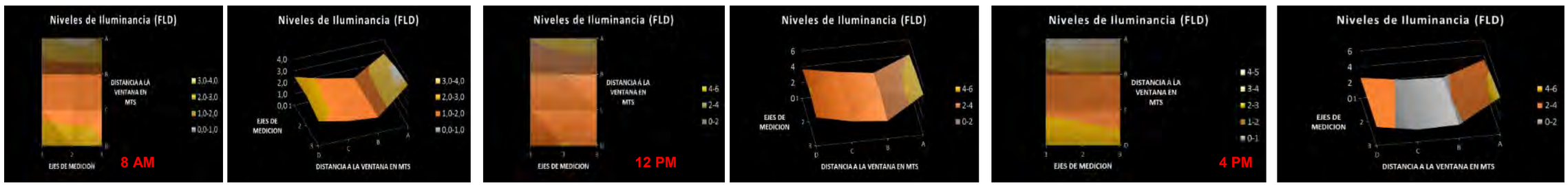


Figura 350. Porcentajes de Factor de Día combinación C-INVIERNO

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,36 % con valores mínimos de 1,45 % y máximos de 3,97 %, con condiciones desfavorables al igual que las reales en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-2%.

Figura 351. Registro fotográfico combinación C

7.8.3.1.35 CONCLUSIONES

La ultima combinación con reflectancia alta al igual que en el caso A de la obstrucción contigua ubicada al norte de nuestro salón, puede ser más influyente en la molestia generada por los deslumbramientos especialmente en verano e invierno por la inclinación solar. En verano nos arroja valores promedio de 230 lux, el invierno con promedios de 171 lux y primavera con valores promedio de 219 lux, siendo realmente mínimas las variaciones y llegando al umbral de ser despreciable para esta distancia, altura y reflectancia.

7.8.3.1.36 COMBINACION CC. EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	275
MINIMO	214
MAXIMO	352

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8400	147	140	136			136	147	141
		4	5	6					
FINAL	8850	124	121	107			107	124	117
8 AM		7	8	9					
		116	149	124			116	149	130
		10	11	12					
PROMEDIO	8625	195	241	277			195	277	238
		VALORES CRÍTICOS					107	277	156

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11200	391	376	365			365	391	377
		4	5	6					
FINAL	10450	342	412	294			294	412	349
12 PM		7	8	9					
		357	371	362			357	371	364
		10	11	12					
PROMEDIO	10825	398	413	420			398	420	410
		VALORES CRÍTICOS					294	420	375

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	7450	358	336	325			325	358	340
		4	5	6					
FINAL	6550	297	283	245			245	297	275
4 PM		7	8	9					
		241	249	241			241	249	244
		10	11	12					
PROMEDIO	7000	298	316	335			298	335	316
		VALORES CRÍTICOS					241	358	294

Tabla 155. Niveles de iluminancia combinación CC-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

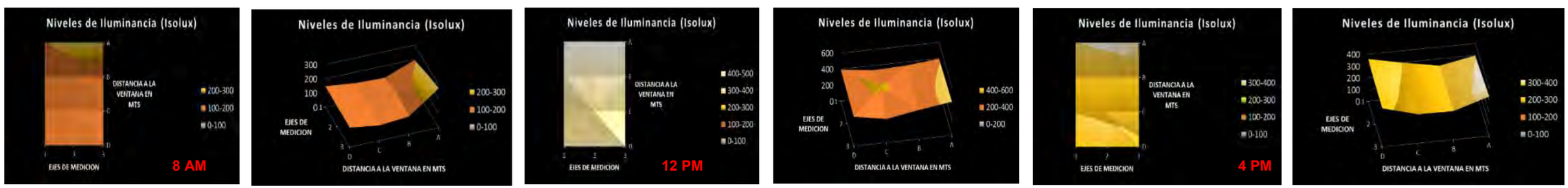


Figura 352. Niveles de iluminancia combinación CC-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Una vez simulado esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 275 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-300 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 275 lux con valores mínimos de 214 y máximos de 352 lux al ser la combinación con baja reflectancia.

7.8.3.1.37 COMBINACION CC. EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	3,16
MINIMO	2,47
MAXIMO	4,07
UNIFORMIDAD	0,76

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8400	1,7	1,6	1,6			1,6	1,7	1,6	1,0
		4	5	6						
FINAL	8850	1,4	1,4	1,2			1,2	1,4	1,4	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,3	1,7	1,4			1,3	1,7	1,5	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	8625	2,3	2,8	3,2			2,3	3,2	2,8	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,2	1,8	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11200	3,61	3,48	3,37			3,37	3,61	3,49	0,97
		4	5	6						
FINAL	10450	3,15	3,8	2,72			2,72	3,80	3,22	0,84
12 PM		7	8	9						
		3,3	3,43	3,35			3,30	3,43	3,36	0,98
		10	11	12						
PROMEDIO	10825	3,67	3,82	3,88			3,67	3,88	3,79	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,72	3,88	3,47	0,78

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	7450	5,112	4,798	4,645			4,65	5,11	4,85	0,96
		4	5	6						
FINAL	6550	4,24	4,037	3,499			3,50	4,24	3,93	0,89
4 PM		7	8	9						
		3,449	3,55	3,449			3,45	3,55	3,48	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	7000	4,26	4,514	4,787			4,26	4,79	4,52	0,94
		VALORES CRÍTICOS					3,45	5,11	4,19	0,82

Tabla 156. Porcentajes de Factor de Día combinación CC-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

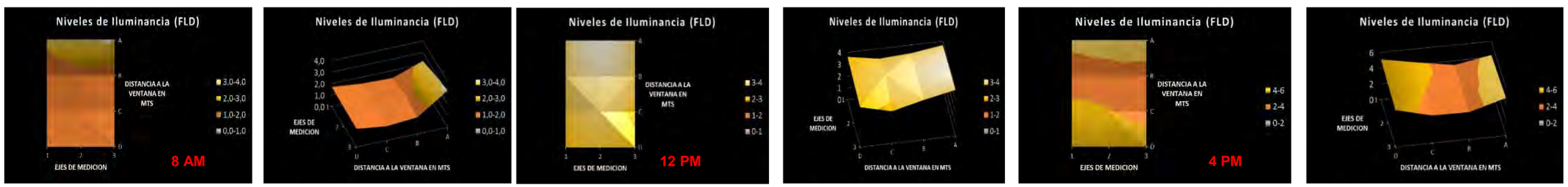


Figura 353. Porcentajes de Factor de Día combinación CC-EQUINOCCIOS

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 3,16 % con valores mínimos de 2,47 % y máximos de 4,07 %. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2. Los valores más altos de FLD se encuentran en el eje A y D, al tener el acceso directo por ventanas y decreciendo en la parte central eje B y C en los puntos de medición del 4 al 9.

7.8.3.1.38 COMBINACION CC. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	288
MINIMO	242
MAXIMO	384

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9400	99,4	88,8	83,1			83	99	90
		4	5	6					
FINAL	9350	95,9	99,4	87,3			87	99	94
		7	8	9					
8 AM		107	114	109			107	114	110
		10	11	12					
PROMEDIO	9375	149	181	234			149	234	188
		VALORES CRÍTICOS					83,07	234,3	121

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12550	391	377	383			377,01	390,5	384
		4	5	6					
FINAL	12000	383	373	362			362,1	383,4	373
		7	8	9					
12 PM		408	412	408			408,25	411,8	409
		10	11	12					
PROMEDIO	12275	484	497	498			484,22	497,71	493
		VALORES CRÍTICOS					362,1	497,71	415

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9350	306,7	285,4	281,2			281,16	306,72	291
		4	5	6					
FINAL	8450	298,2	292,5	280,5			280,45	298,2	290
		7	8	9					
4 PM		319,5	326,6	324,5			319,5	326,6	324
		10	11	12					
PROMEDIO	8900	401,2	396,2	418,9			396,18	418,9	405
		VALORES CRÍTICOS					280,45	418,9	328

Tabla 157. Niveles de iluminancia combinación CC-VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

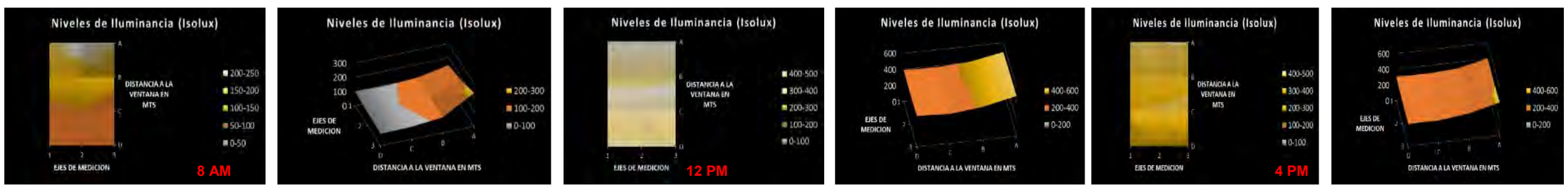


Figura 354. Niveles de Iluminancia combinación CC-VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 288 lux con valores mínimos de 242 y máximos de 384 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía.

7.8.3.1.39 COMBINACION CC. SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,78
MINIMO	2,33
MAXIMO	3,75
UNIFORMIDAD	0,81

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9400	1,1	0,9	0,9			0,9	1,1	1,0	0,9
		4	5	6						
FINAL	9350	1,0	1,1	0,9			0,9	1,1	1,0	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,1	1,2	1,2			1,1	1,2	1,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9375	1,6	1,9	2,5			1,6	2,5	2,0	0,8
		VALORES CRÍTICOS					0,9	2,5	1,3	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12550	3,18	3,07	3,12			3,07	3,18	3,13	0,98
		4	5	6						
FINAL	12000	3,12	3,04	2,95			2,95	3,12	3,04	0,97
12 PM		7	8	9						
		3,33	3,35	3,33			3,33	3,35	3,34	1,00
		10	11	12						
PROMEDIO	12275	3,94	4,05	4,05			3,94	4,05	4,02	0,98
		VALORES CRÍTICOS					2,95	4,05	3,38	0,87

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9350	3,446	3,207	3,159			3,16	3,45	3,27	0,97
		4	5	6						
FINAL	8450	3,351	3,287	3,151			3,15	3,35	3,26	0,97
4 PM		7	8	9						
		3,59	3,67	3,646			3,59	3,67	3,64	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8900	4,507	4,451	4,707			4,45	4,71	4,56	0,98
		VALORES CRÍTICOS					3,15	4,71	3,68	0,86

Tabla 158. Porcentajes de Factor de Día combinación CC-VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

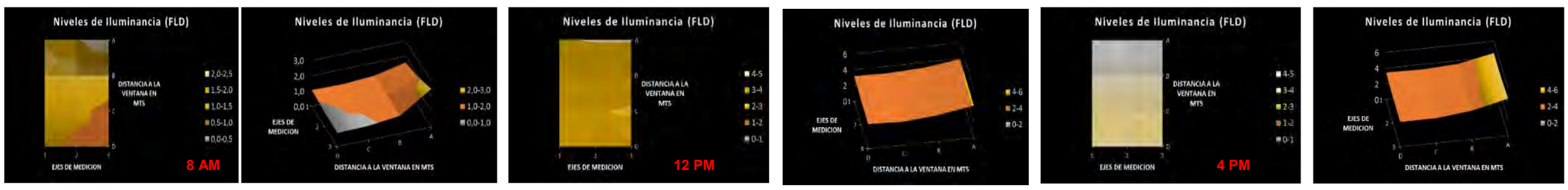


Figura 355. Porcentajes de Factor de Día combinación CC-VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,78 % con valores mínimos de 2,33% y máximos de 3,75 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-3%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.1.40 COMBINACION CC. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	21
Fecha de la prueba (mes)	7
Día juliano	202
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (dia)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08/ 12 /16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	215
MINIMO	133
MAXIMO	361

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8450	211	222	183			183	222	205
		4	5	6					
FINAL	9150	151	135	136			135	151	140
8 AM		7	8	9					
		105	111	114			105	114	110
		10	11	12					
PROMEDIO	8800	240	291	308			240	308	280
		VALORES CRÍTICOS					105	308	184

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10950	283	314	275			275	314	290
		4	5	6					
FINAL	10800	220	209	202			202	220	210
12 PM		7	8	9					
		175	204	170			170	204	183
		10	11	12					
PROMEDIO	10875	318	367	391			318	391	359
		VALORES CRÍTICOS					170	391	261

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8500	204	200	185			185	204	196
		4	5	6					
FINAL	8170	148	136	122			122	148	135
		7	8	9					
4 PM		134	155	133			133	155	141
		10	11	12					
PROMEDIO	8335	277	341	383			277	383	334
		VALORES CRÍTICOS					122	383	202

Tabla 159. Niveles de iluminancia combinación CC-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

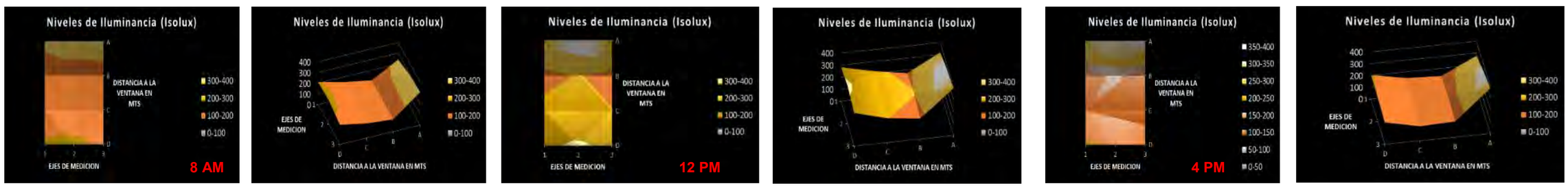


Figura 356. Nivel de iluminancia combinación CC-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 215 lux con valores mínimos de 133 y máximos de 361 lux.

7.8.3.1.41 COMBINACION CC. SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,30
MINIMO	1,41
MAXIMO	3,90
UNIFORMIDAD	0,61

Tabla 160. Porcentajes de Factor de Día combinación CC-INVIERNO

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		8450	2,4	2,5	2,1			2,1	2,5	2,3	0,9
			4	5	6						
FINAL	8 AM	9150	1,7	1,5	1,5			1,5	1,7	1,6	1,0
			7	8	9						
			1,2	1,3	1,3			1,2	1,3	1,3	1,0
			10	11	12						
PROMEDIO		8800	2,7	3,3	3,5			2,7	3,5	3,2	0,9
			VALORES CRÍTICOS					1,2	3,5	2,1	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		10950	2,6	2,89	2,53			2,53	2,89	2,67	0,95
			4	5	6						
FINAL	12 PM	10800	2,02	1,92	1,86			1,86	2,02	1,93	0,96
			7	8	9						
			1,61	1,88	1,57			1,57	1,88	1,68	0,93
			10	11	12						
PROMEDIO		10875	2,92	3,38	3,59			2,92	3,59	3,30	0,89
			VALORES CRÍTICOS					1,57	3,59	2,40	0,65

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
			1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL		8500	2,445	2,402	2,215			2,21	2,44	2,35	0,94
			4	5	6						
FINAL	4 PM	8170	1,772	1,636	1,465			1,47	1,77	1,62	0,90
			7	8	9						
			1,61	1,866	1,593			1,59	1,87	1,69	0,94
			10	11	12						
PROMEDIO		8335	3,322	4,089	4,6			3,32	4,60	4,00	0,83
			VALORES CRÍTICOS					1,47	4,60	2,42	0,61

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 357. Porcentajes de Factor de Día combinación CC-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,30 % con valores mínimos de 1,41 % y máximos de 3,90 %, con condiciones desfavorables al igual que las reales en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 1-2%.

Figura 358. Registro fotográfico combinación CC

7.8.3.1.42 CONCLUSIONES Y RESULTADOS

A continuación se presentan de igual forma dos gráficos, el primero en forma de barras y el segundo con línea de tendencia para observar claramente el comportamiento lumínico con el paso de las combinaciones analizadas. Se muestra el umbral máximo de acuerdo a la normatividad (500 lux) y su déficit lumínico en relación a este último. Los gráficos están divididos en tres recuadros, el primero blanco muestra la combinación A para reflectancia alta y baja, el segundo verde para la combinación B con su variación en reflectancia alta y baja y el marrón para la combinación C con su variación en reflectancia alta y baja, en valores promedio, mininos y máximos para todas las estaciones a lo largo del año.

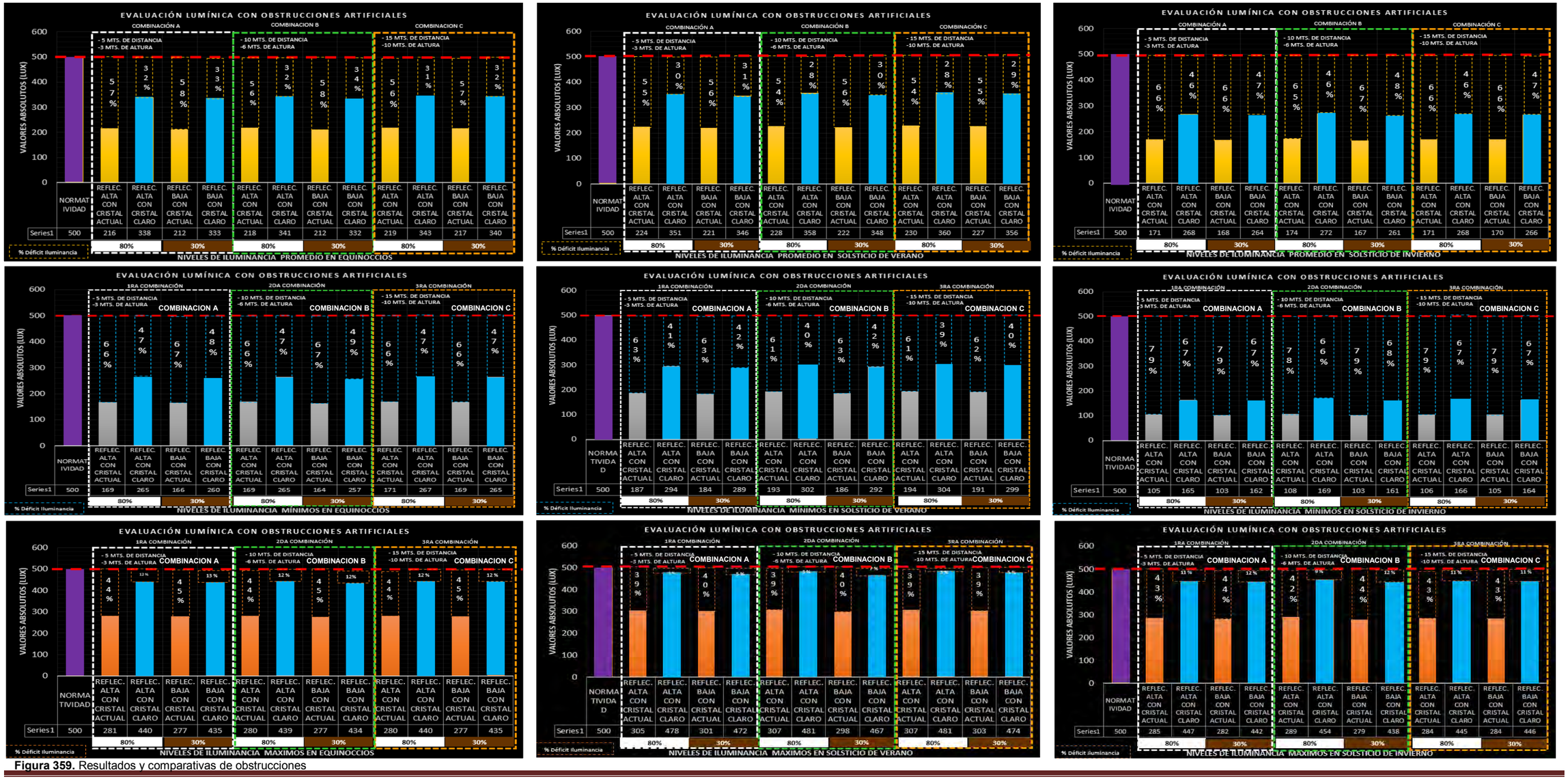


Figura 359. Resultados y comparativas de obstrucciones

Recordemos que las obstrucciones juegan un papel decisivo en el medio circundante pues son objetos que pueden llegar a influir en la visión del cielo a través de cualquier sistema de ventanería y por lo tanto reducir o aumentar los niveles de iluminancia al interior. Las condiciones de iluminación que existen en el interior del caso de estudio, se vieron modificados de acuerdo al entorno que rodea al edificio, en esto caso, obstrucciones artificiales con ciertas características modificando la cantidad y calidad de luz en ciertas horas del día por el movimiento mismo del sol a lo largo del día y del año.

De manera general para las combinaciones en las cuales se usó materiales con reflectancias alta de acuerdo al análisis fotográfico podría causar excesivos deslumbramientos en ciertas épocas del año y en aquellos casos en donde la reflectancia era baja disminuyó ligeramente los niveles lumínicos. Para la combinación A en verano arrojan valores promedio de 224 lux, en invierno con promedios de 171 lux y primavera con valores promedio de 216 lux que, comparado con la opuesta AA obtenemos valores promedio en el caso de estudio en verano de 221 lux, en invierno con promedio de 168 lux y primavera de 212 lux, existiendo así un ligera reducción de la iluminación. Para la combinación B, siendo de igual forma molesta e incómoda al generar grandes reflexiones, especialmente en verano e invierno por la inclinación solar. En verano arroja valores promedio de 228 lux, en invierno con promedios de 174 lux y primavera con 218 lux, mientras que en la combinación BB con reflectancias bajas, en verano tenemos valores promedio de 222 lux, en invierno con promedio de 167 lux y primavera con 212 lux, existiendo una mínima reducción de la iluminación en comparación con el caso anterior de reflexión alta debido a reflexiones externas bajas. La ultima combinación C con reflectancia alta en verano obtenemos valores promedio de 230 lux, en invierno con promedios de 171 lux y primavera con 219 lux, siendo realmente mínimas las variaciones y llegando al umbral de ser despreciable para esta distancia, altura y reflectancia, mientras que en la combinación CC en verano obtenemos valores promedio de 227 lux, en invierno con promedios de 170 lux y primavera con 217 lux.

Con todo esto nos damos cuenta que las reflectancias tienen un papel sobresaliente en cualquier estrategia de diseño de iluminación natural, en este caso, como factor externo influye en cierto modo a nuestro caso de estudio. Por lo tanto, existe una relación muy importante respecto al edificio de estudio con los espacios que lo rodean, hay muchas formas para iluminar los espacios naturalmente, sin embargo, aun cuando una ventana proporcione luz, esto no significa que haya un incremento de los niveles de iluminación a los espacios, se debe de promover la distribución de la luz y crear un vínculo con el exterior o lo que lo rodee y aplicar algún dispositivo, ya se de control, re direccionamiento o aprovechamiento de la luz diurna.

Para el diseño solar pasivo, que constituye la mayoría de las ganancias solares en invierno, es especialmente importante considerar el grado de obstrucciones u obstáculos que existan. Los efectos de obstrucciones y la orientación en la disponibilidad de luz solar pueden ser encontrados utilizando una carta solar estereográfica y todos los obstáculos deben ser considerados evaluando la luz del cielo y las componentes reflejadas exteriormente de la luz natural calculada. Por lo tanto se concluye que el color de la luz natural o diurna resultante dentro de nuestro caso de estudio resulto de la mezcla aditiva de la luz coloreada procedente de cuatro fuentes: el cielo azul; la luz solar, de color más amarillo; el suelo o terreno, que en este caso se consideró al mismo del caso base, el cual esta está cubierto de vegetación verde; y finalmente las superficies reflectantes que propusimos a distintas alturas y distintas distancias en donde la componente reflejada exteriormente de la luz natural contribuye de modo significativo a la iluminancia del interior.

Por ello es esencial conocer, tanto como sea posible, las reflectancias de todas las superficies exteriores importantes, es decir, contemplar todo el entorno del proyecto, tanto inmediato como mediato, resultados que se pueden ver en los Monitoreos: la combinación A, resulta ser la más extrema y difícil al estar demasiado cerca y excesivamente deslumbrante, en dado caso se puede bajar la reflectancia a un 50 % para aprovechar el reflejo de la luz solar dentro del espacio con algunos elementos de protección solar para algunas épocas del año, la combinación AA, al ser oscura reduce las condiciones lumínicas por lo que se descarta el aprovechamiento y se enfatiza su precaución, la combinación B, al igual que la A, provoca aun a esa distancia deslumbramientos incomodos y se pude aprovechar de igual manera su reflexión, la Combinación complementaria a esta BB, reduce ligeramente la iluminancia, sin embargo, al ser minino se descarta su influencia al salón; la combinación C y CC al estar a esa distancia y a esa altura resultan nulas puesto que presentan mininos cambios en la iluminación, por lo que se descarta su influencia para la orientación propuesta. Es necesario aclarar que estas obstrucciones fueron propuestas para una orientación en particular, tal vez en orientaciones sur, oeste o este pueden traer grandes beneficios y/o consecuencias, dependerá del uso o aprovechamiento del mismo.

7.8.3.2 NATURALES

La vegetación es un elemento vital en la bioclimática que además de todos los beneficios al ser vivo y al medio ambiente que podemos obtener de este, la selección y la plantación de vegetación no adecuada pueden causar algunos problemas, como el consumo importante de agua para irrigación, producción excesiva de desechos vegetales, daños estructurales a edificios, averías a instalaciones aéreas y subterráneas y en nuestro caso de estudio mala visibilidad y carencia de luz natural en las edificaciones. En el caso de las obstrucciones naturales resulta más complejos analizarlos ya que depende de una gran cantidad de variables como lo son la distancia del objeto al caso de estudio, su altura, su ancho de copa, la especie, su color (reflectancia), texturas, densidad, comportamiento estacional, si es perenne o caducifolia, su transformación y deformación con el paso del tiempo, afectaciones por contaminación ambiental, características específicas del ente vivo, etc., por lo tanto es importante analizar una parte en nuestro proyecto de investigación. La metodología que se siguió consistió en seleccionar el salón de 6to año el cual cuenta con especie vegetal en su fachada norte para determinar sus

condiciones lumínicas actuales, elaborar el modelo físico tridimensional con las mismas propiedades de distribución y de propiedades ópticas (reflectancias) y simular las condiciones lumínicas para las estaciones del año (sin obstrucción alguna) a fin de obtener una justificación clara y concisa de la importancia que tiene la planeación integral de la especie vegetal en todo proyecto arquitectónico en base a la comparativa de los resultados del caso de estudio real (con obstrucciones naturales) y la experimentación con el modelo físico (sin obstrucciones).

7.8.3.2.1 RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACION NATURAL ACTUALES

El espacio en cuestión es el salón de 6to año del edificio 3 planta baja (Figura 360), el cual cuenta en su fachada norte una especie vegetal sobresaliente a analizar con sus condiciones actuales.

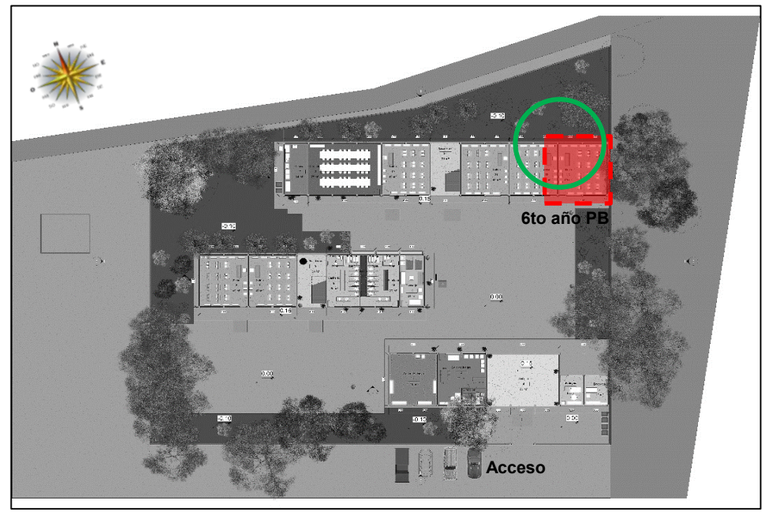


Figura 360. Obstrucción natural en caso de estudio

La obstrucción se trata de un árbol caducifolio, con una distancia de 7 metros al salón de estudio, de 8 m. de alto de la copa y 2 m del suelo a la base de la copa, el diámetro del tronco es de 0.80 m. con un ancho de copa de 5 m, cuenta con una densidad media (Figura 361), hojas de color verde claro-amarillas y café en otoño (Figura 362) con una reflectancia del 40% y textura lisa. Las propiedades ópticas de los materiales en el salón son las mismas en toda la escuela por lo tanto son las mismas reflectancias y transmitancias, en el caso del plano de trabajo resulto ser el mismo que en el salón de 4to año (0.65 m).

Figura 361. Obstrucción natural en caso de estudio

Figura 362. Hojas

7.8.3.2.2 VALORES ABSOLUTOS: CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	6
Fecha de la prueba (mes)	10
Día juliano	279
Estación	Equinoccio de Otoño
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	8:00 hrs/12:00 hrs/16:00 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	170
MINIMO	105
MAXIMO	279

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9200	175	182	140			140	182	166
		4	5	6					
FINAL	9550	120	100	96			96	120	105
		7	8	9					
8 AM		80	83	81			80	83	81
		10	11	12					
PROMEDIO	9375	185	221	225			185	225	210
		VALORES CRÍTICOS					80	225	141

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11500	221	240	200			200	240	220
		4	5	6					
FINAL	10200	160	157	143			143	160	153
		7	8	9					
12 PM		120	140	124			120	140	128
		10	11	12					
PROMEDIO	10850	245	280	300			245	300	275
		VALORES CRÍTICOS					120	300	194

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8000	155	150	142			142	155	149
		4	5	6					
FINAL	7900	114	102	90			90	114	102
		7	8	9					
4 PM		102	118	105			102	118	108
		10	11	12					
PROMEDIO	7950	210	250	270			210	270	243
		VALORES CRÍTICOS					90	270	151

Tabla 161. Niveles de iluminancia caso base

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

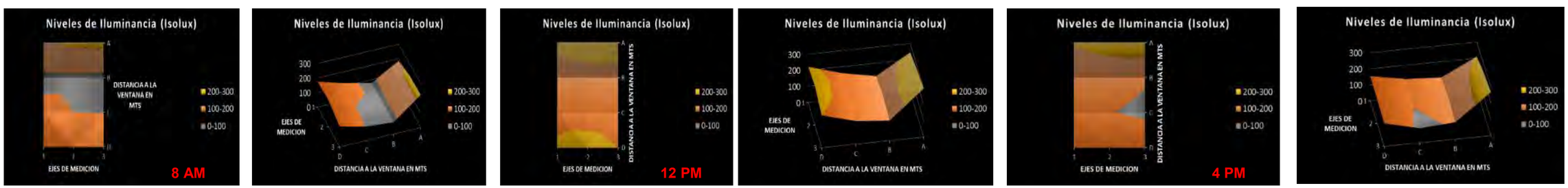


Figura 363. Nivel de Iluminancia caso base

Observaciones:

Siendo una parte fundamental en el diseño arquitectónico el contemplar el entorno circundante, resulta muy importante en esta parte del proyecto de investigación el analizar una obstrucción natural antes mencionada, para el caso real (salón de 6to año) es notorio que en los gráficos observados las condiciones lumínicas son escasas teniendo valores muy bajos de iluminancia que no sobrepasan los índices explicados en el capítulo 5 de reglamentación y normatividad. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 170 lux con valores mínimos de 105 y máximos de 279 lux. Particularmente hay un decremento en el centro del local, puesto que cuenta con un sistema de iluminación bilateral.

7.8.3.2.3 VALORES RELATIVOS: FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	1,72
MINIMO	1,06
MAXIMO	2,83
UNIFORMIDAD	0,61

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9200	1,9	1,9	1,5			1,5	1,9	1,8	0,8
		4	5	6						
FINAL	9550	1,3	1,1	1,0			1,0	1,3	1,1	0,9
8 AM		7	8	9						
		0,9	0,9	0,9			0,9	0,9	0,9	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9375	2,0	2,4	2,4			2,0	2,4	2,2	0,9
		VALORES CRÍTICOS					0,9	2,4	1,5	0,6

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11500	2,04	2,21	1,84			1,84	2,21	2,03	0,91
		4	5	6						
FINAL	10200	1,47	1,45	1,32			1,32	1,47	1,41	0,93
12 PM		7	8	9						
		1,11	1,29	1,14			1,11	1,29	1,18	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	10850	2,26	2,58	2,76			2,26	2,76	2,53	0,89
		VALORES CRÍTICOS					1,11	2,76	1,79	0,62

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8000	1,95	1,887	1,786			1,79	1,95	1,87	0,95
		4	5	6						
FINAL	7900	1,434	1,283	1,132			1,13	1,43	1,28	0,88
4 PM		7	8	9						
		1,283	1,484	1,321			1,28	1,48	1,36	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	7950	2,642	3,145	3,396			2,64	3,40	3,06	0,86
		VALORES CRÍTICOS					1,13	3,40	1,90	0,60

Tabla 162. Porcentajes de Factor de Día caso base

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

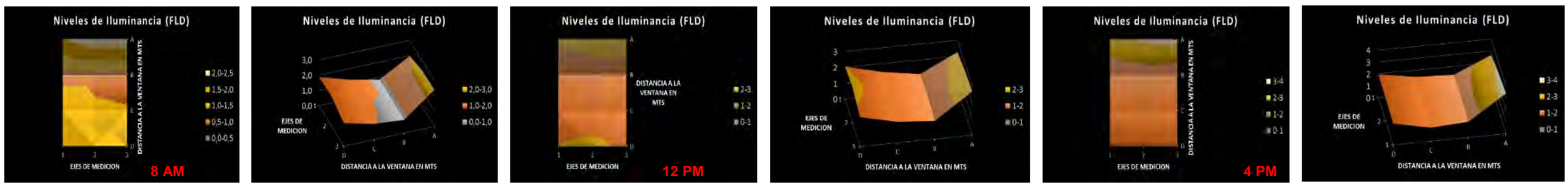


Figura 364. Porcentajes de Factor de Día caso base

Observaciones:

Al igual que las lecturas en valores absolutos (lux) es notorio que en los gráficos de factor de luz de día las condiciones lumínicas también son escasas teniendo valores muy bajos de %. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 1,72 % con valores mínimos de 1,06 % y máximos de 2,83 %, por lo tanto las condiciones para esta fecha en específico es insuficiente y las condiciones no son favorables para la actividad que se realiza. Particularmente hay un decremento en el centro del local por tener sistemas de iluminación bilateral.

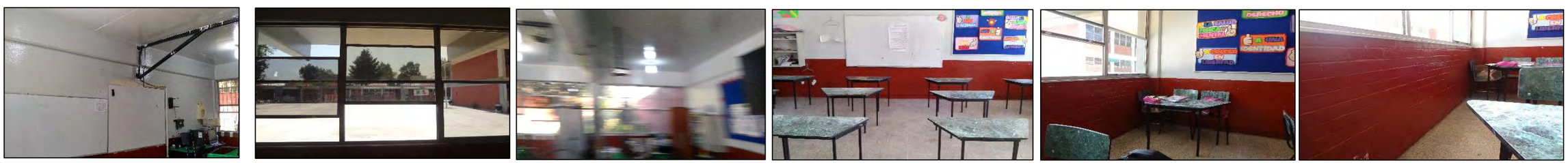


Figura 365. Registro fotográfico de caso base con obstrucción natural

7.8.3.2.4 SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES LUMÍNICAS ACTUALES ESTACIONALES SIN OBSTRUCCIONES

7.8.3.2.5 EQUINOCCIOS: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	10
Fecha de la prueba (mes)	10
Día juliano	283
Estación	Equinoccio de Otoño
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 /12 / 16
Hora de inicio	9:30
Hora de termino	9:39
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	298
MINIMO	244
MAXIMO	362

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9500	155	147	139			139	155	147
		4	5	6					
FINAL	9300	126	125	114			114	126	122
8 AM		7	8	9					
		116	160	124			116	160	133
		10	11	12					
PROMEDIO	9400	179	246	283			179	283	236
		VALORES CRÍTICOS					114	283	160

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	12400	403	380	374			374	403	386
		4	5	6					
FINAL	11200	351	337	302			302	351	330
12 PM		7	8	9					
		358	368	357			357	368	361
		10	11	12					
PROMEDIO	11800	391	410	415			391	415	406
		VALORES CRÍTICOS					302	415	371

	ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)	ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	8100	354	335	326			326	354	338
		4	5	6					
FINAL	6790	307	283	247			247	307	279
		7	8	9					
4 PM		239	246	228			228	246	238
		10	11	12					
PROMEDIO	7445	284	303	329			284	329	305
		VALORES CRÍTICOS					228	354	290

Tabla 163. Niveles de iluminancia-EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

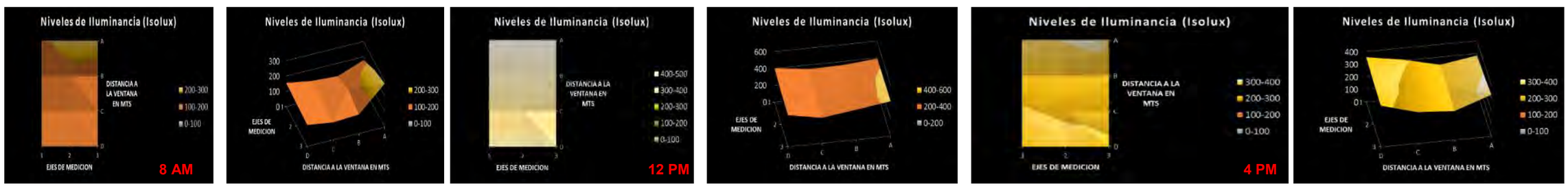


Figura 366. Niveles de iluminancia-EQUINOCCIOS

Observaciones:

La simulación estacional en el modelo física arroja resultados interesantes: en esta estación se observa que a las 8 AM las condiciones son regulares teniendo la parte central debajo de los 300 lux, los niveles máximos se presentan en el eje A y D conforme avanza la mañana por su cercanía a la fachada norte y sur respectivamente rondando los 200-400 lux de manera constante. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 298 lux con valores mínimos de 244 y máximos de 362 lux.

7.8.3.2.6 EQUINOCCIOS: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	10
Fecha de la prueba (mes)	10
Día juliano	283
Estación	Equinoccio de Otoño
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	3
Día juliano	80
Estación	Equinoccio de primavera
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 /12 / 16
Hora de inicio	9:30
Hora de termino	9:39
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9500	1,7	1,6	1,5			1,5	1,7	1,6	0,9
		4	5	6						
FINAL	9300	1,3	1,3	1,2			1,2	1,3	1,3	0,9
8 AM		7	8	9						
		1,2	1,7	1,3			1,2	1,7	1,4	0,9
		10	11	12						
PROMEDIO	9400	1,9	2,6	3,0			1,9	3,0	2,5	0,8
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,0	1,7	0,7

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	12400	3,41	3,22	3,17			3,17	3,41	3,27	0,97
		4	5	6						
FINAL	11200	2,98	2,86	2,56			2,56	2,98	2,80	0,92
12 PM		7	8	9						
		3,03	3,12	3,03			3,03	3,12	3,06	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	11800	3,32	3,48	3,52			3,32	3,52	3,44	0,96
		VALORES CRÍTICOS					2,56	3,52	3,14	0,82

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,96
MINIMO	2,40
MAXIMO	3,64
UNIFORMIDAD	0,81

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	8100	4,759	4,501	4,377			4,38	4,76	4,55	0,96
		4	5	6						
FINAL	6790	4,129	3,805	3,319			3,32	4,13	3,75	0,88
		7	8	9						
4 PM		3,214	3,309	3,061			3,06	3,31	3,19	0,96
		10	11	12						
PROMEDIO	7445	3,815	4,072	4,415			3,81	4,42	4,10	0,93
		VALORES CRÍTICOS					3,06	4,76	3,90	0,79

Tabla 164. Porcentajes de Factor de Día -EQUINOCCIOS

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

Figura 367. Porcentajes de Factor de día-EQUINOCCIOS

Observaciones:

Al igual que las lecturas en valores absolutos (lux) las condiciones obtenidas aun así tienen valores muy bajos de %. El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,96 % con valores mínimos de 2,40 % y máximos de 3,64 %, por lo tanto las condiciones para esta fecha en específico es insuficiente y las condiciones no son favorables para la actividad que se realiza.

7.8.3.2.7 SOLSTICIO DE VERANO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	10
Fecha de la prueba (mes)	10
Día juliano	283
Estación	Equinoccio de Otoño
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 /12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	10400	99,4	90,2	93			90	99	94
		4	5	6					
FINAL	9550	95,9	88,8	77,4			77	96	87
8 AM		7	8	9					
		307	288	303			288	307	299
		10	11	12					
PROMEDIO	9975	312	334	362			312	362	336
		VALORES CRÍTICOS					77,39	362,1	204

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	13400	385	375	371			371,33	384,82	377
		4	5	6					
FINAL	12560	376	371	358			357,84	376,3	368
12 PM		7	8	9					
		394	408	398			394,05	407,54	400
		10	11	12					
PROMEDIO	12980	474	490	500			474,28	499,84	488
		VALORES CRÍTICOS					357,84	499,84	408

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	297
MINIMO	233
MAXIMO	406

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX) 1	2	3			VALORES CRITICOS MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9400	298,9	279,7	276,9			276,9	298,91	285
		4	5	6					
FINAL	8300	285,4	280,5	274,8			274,77	285,42	280
4 PM		7	8	9					
		312,4	319,5	316			312,4	319,5	316
		10	11	12					
PROMEDIO	8850	381,3	397,6	420,3			381,27	420,32	400
		VALORES CRÍTICOS					274,77	420,32	320

Tabla 165. Niveles de iluminancia -VERANO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

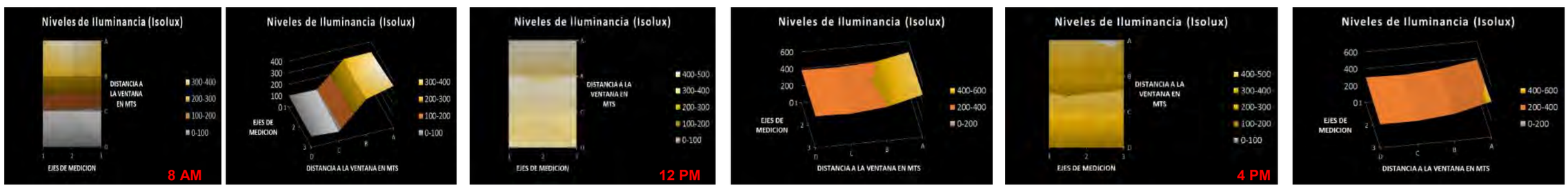


Figura 368. Niveles de Iluminancia -VERANO

Observaciones:

Las condiciones lumínicas se incrementan a partir de las 9 de la mañana y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 297 lux con valores mínimos de 233 y máximos de 406 lux; que debido a la estación, recibe mayor cantidad de radiación por la parte norte desde la mañana hasta el mediodía.

7.8.3.2.8 SOLSTICIO DE VERANO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	10
Fecha de la prueba (mes)	10
Día juliano	283
Estación	Equinoccio de Otoño
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	6
Día juliano	172
Estación	Solsticio de Verano
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 /12 / 16
Hora de inicio	11:00
Hora de termino	11:08
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	10400	1,0	0,9	0,9			0,9	1,0	0,9	1,0
		4	5	6						
FINAL	9550	1,0	0,9	0,8			0,8	1,0	0,9	0,9
8 AM		7	8	9						
		3,1	2,9	3,0			2,9	3,1	3,0	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9975	3,1	3,4	3,6			3,1	3,6	3,4	0,9
		VALORES CRÍTICOS					0,8	3,6	2,0	0,4

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	13400	2,96	2,89	2,86			2,86	2,96	2,90	0,98
		4	5	6						
FINAL	12560	2,9	2,86	2,76			2,76	2,90	2,84	0,97
12 PM		7	8	9						
		3,04	3,14	3,06			3,04	3,14	3,08	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	12980	3,65	3,77	3,85			3,65	3,85	3,76	0,97
		VALORES CRÍTICOS					2,76	3,85	3,15	0,88

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,65
MINIMO	2,05
MAXIMO	3,67
UNIFORMIDAD	0,75

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9400	3,378	3,161	3,129			3,13	3,38	3,22	0,97
		4	5	6						
FINAL	8300	3,225	3,169	3,105			3,10	3,23	3,17	0,98
4 PM		7	8	9						
		3,53	3,61	3,57			3,53	3,61	3,57	0,99
		10	11	12						
PROMEDIO	8850	4,308	4,493	4,749			4,31	4,75	4,52	0,95
		VALORES CRÍTICOS					3,10	4,75	3,62	0,86

Tabla 166. Porcentajes de Factor de Día -VERANO

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

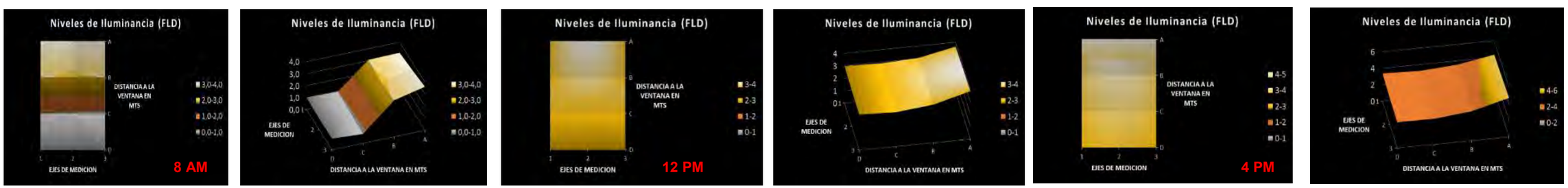


Figura 369. Porcentajes de Factor de Día -VERANO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,65 % con valores mínimos de 2,05% y máximos de 3,67 %, con condiciones desfavorables. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%, y los mínimos de 1-2 por la mañana.

7.8.3.2.9 SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES ABSOLUTOS-CANTIDAD DE LUZ EN CADA PUNTO DEL PLANO DE TRABAJO

Monitoreos:

ANÁLISIS DE LA PRUEBA:	
Fecha de la prueba (día)	10
Fecha de la prueba (mes)	10
Día juliano	283
Estación	Equinoccio de Otoño
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	Cada 4 hrs
Hora de inicio	8
Hora de termino	16

SIMULACIÓN:	
Fecha de analisis (día)	21
Fecha de analisis (mes)	12
Día juliano	355
Estación	Solsticio de Invierno
Condiciones de cielo	Despejado
Intervalo de horas	08 /12 / 16
Hora de inicio	12:00
Hora de termino	12:07
Tipo de cristal	Transmitancia %
CRISTAL CLARO REAL 6 MM SUCIO	0,56

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9100	214	231	192			192	231	212
		4	5	6					
FINAL	9240	153	140	135			135	153	142
8 AM		7	8	9					
		109	114	113			109	114	112
		10	11	12					
PROMEDIO	9170	245	297	320			245	320	287
		VALORES CRÍTICOS					109	320	188

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	11900	291	314	267			267	314	291
		4	5	6					
FINAL	10900	213	205	192			192	213	203
12 PM		7	8	9					
		166	192	168			166	192	175
		10	11	12					
PROMEDIO	11400	319	369	398			319	398	362
		VALORES CRÍTICOS					166	398	258

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	222
MINIMO	140
MAXIMO	366

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		ILUMINANCIA INTERIOR (LUX)					VALORES CRITICOS		
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
INICIAL	9050	206	209	195			195	209	203
		4	5	6					
FINAL	7200	149	142	128			128	149	140
		7	8	9					
4 PM		137	160	135			135	160	144
		10	11	12					
PROMEDIO	8125	277	327	365			277	365	323
		VALORES CRÍTICOS					128	365	202

Tabla 167. Niveles de iluminancia-INVIERNO

Gráficas 2D de Isolux **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux** **Gráficas 2D de Isolux** **Graficas 3D de Isolux**

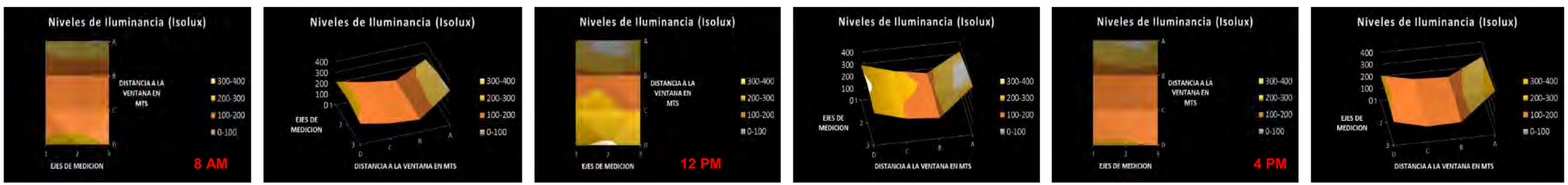


Figura 370. Niveles de Iluminancia-INVIERNO

Observaciones:

Por la mañana las condiciones son regulares con iluminancia más alta donde el máximo nivel se presenta en el eje D por su cercanía a la fachada sur rondando los 300-400 lux de manera constante. Las condiciones lumínicas se incrementan en fachada sur y el promedio registrado en todo el monitoreo es de 222 lux con valores mínimos de 140 y máximos de 366 lux.

7.8.3.2.10 SOLSTICIO DE INVIERNO: VALORES RELATIVOS-FACTOR DE LUZ DE DÍA.

Monitoreos:

VALORES CRITICOS TOTALES	
PROMEDIO	2,16
MINIMO	1,35
MAXIMO	3,58
UNIFORMIDAD	0,63

Tabla 168. Porcentajes de Factor de Día -INVIERNO

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9100	2,3	2,5	2,1			2,1	2,5	2,3	0,9
		4	5	6						
FINAL	9240	1,7	1,5	1,5			1,5	1,7	1,6	0,9
		7	8	9						
8 AM		1,2	1,2	1,2			1,2	1,2	1,2	1,0
		10	11	12						
PROMEDIO	9170	2,7	3,2	3,5			2,7	3,5	3,1	0,9
		VALORES CRÍTICOS					1,2	3,5	2,1	0,6

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	11900	2,55	2,75	2,34			2,34	2,75	2,55	0,92
		4	5	6						
FINAL	10900	1,87	1,8	1,68			1,68	1,87	1,78	0,94
		7	8	9						
12 PM		1,46	1,68	1,47			1,46	1,68	1,54	0,95
		10	11	12						
PROMEDIO	11400	2,8	3,24	3,49			2,80	3,49	3,17	0,88
		VALORES CRÍTICOS					1,46	3,49	2,26	0,64

ILUMINANCIA EXTERIOR (LUX)		FACTOR DE LUZ DE DIA %					VALORES CRITICOS			
		1	2	3			MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIFORMIDAD
INICIAL	9050	2,534	2,578	2,394			2,39	2,58	2,50	0,96
		4	5	6						
FINAL	7200	1,835	1,748	1,573			1,57	1,84	1,72	0,92
		7	8	9						
4 PM		1,687	1,966	1,66			1,66	1,97	1,77	0,94
		10	11	12						
PROMEDIO	8125	3,408	4,02	4,492			3,41	4,49	3,97	0,86
		VALORES CRÍTICOS					1,57	4,49	2,49	0,63

Gráficas 2D de FLD **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD** **Gráficas 2D de FLD** **Graficas 3D de FLD**

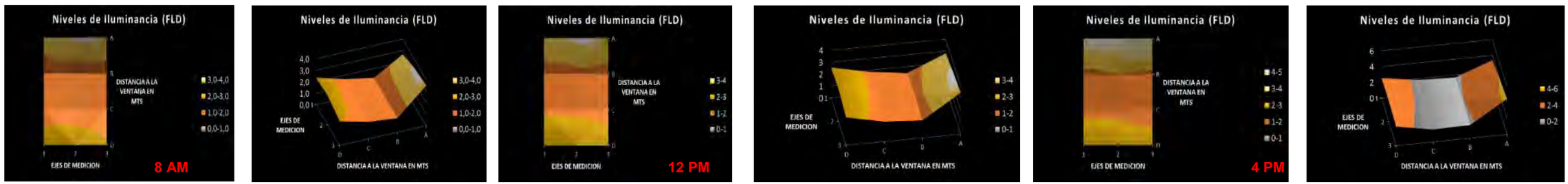


Figura 371. Porcentajes de Factor de Día CC-INVIERNO

Observaciones:

El promedio registrado en todo el monitoreo es de 2,16 % con valores mínimos de 1,35 % y máximos de 3,58 %, con condiciones desfavorables al igual que las reales en sitio. El rango general en el que se encuentra el FLD es de 2-4%.

Figura 372. Registro fotográfico simulaciones

7.8.3.2.11 CONCLUSIONES Y RESULTADOS

La obstrucción natural existente en el proyecto de estudio nos permite dar pie a una interesante futura línea de investigación, aquella en la que contemple la influencia de la vegetación arbórea dentro de las condiciones lumínicas de un género de edificio en particular.

En nuestro caso de estudio, las mediciones reales con obstrucción realizadas en el equinoccio nos arroja valores promedio de 170 lux teniéndolo como referencia y declarando que las condiciones lumínicas son escasas en base a la normatividad local (500 lux), mientras que en la simulación en el modelo físico bajo esa misma estación obtenemos valores promedio dentro del espacio de 235 lux, teniendo un aumento lógico y claro de los niveles lumínicos. Por otro lado en la simulación del modelo físico sin obstrucciones para el verano tenemos 234 lux y en invierno valores promedio de 175 lux; la tendencia es clara, para esa especie en particular, bajo esa distancia dada, ubicación, orientación y altura del árbol maduro nos obstruye de alguna u otra forma y reduce las condiciones actuales.

Por lo tanto se concluye que para el caso que nos compete las obstrucciones arbóreas pueden constituir un problema que reduce el confort lumínico del espacio, sin embargo, es necesario establecer que no todos los arboles constituyen este problema, al contrario, la vegetación puede traer tanto beneficios ambientales como beneficios psicológicos al usuario, la vegetación es un elemento bioclimático muy importante que se puede integrar en el diseño de la Arquitectura y el Urbanismo, además que puede actuar como parte activa en la optimización energética al reducir las ganancias por soleamiento, refrigeración el aire, protección solar, conductores de viento, contribuir al confort higrotérmico, confort psicológico en el usuario, etc.

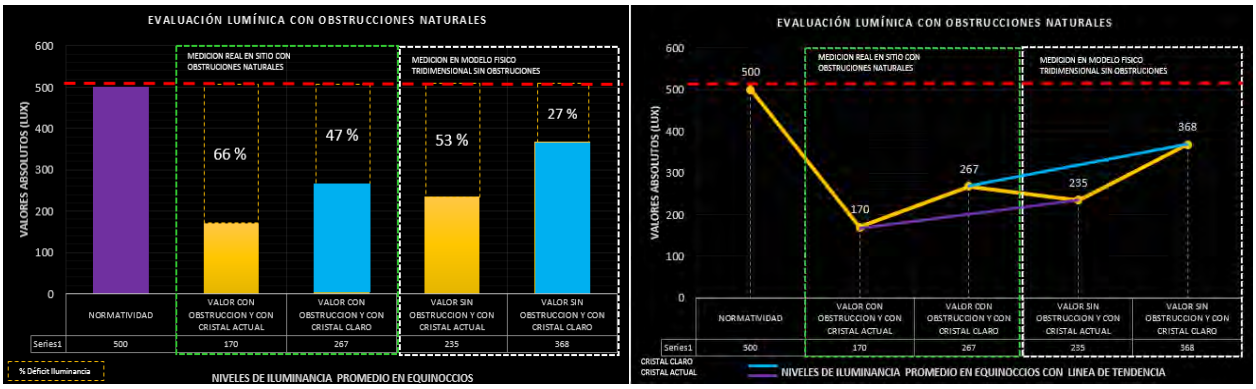


Figura 373. Resultados y comparativa de simulación con caso base

Figura 373. Resultados y comparativa de simulación con caso base (Continuación)

Figura 373. Resultados y comparativa de simulación con caso base (Continuación)

7.8.4 MODELOS 3D DIGITALES

Debido a que hoy en día existen diferentes programas de cómputo (software) que permiten hacer una evaluación de las condiciones de iluminación, es posible conocer en calidad y cantidad las diferentes variables que afectan el desempeño lumínico de un espacio arquitectónico.

Los programas de cómputo permiten procesar distintas variables de forma simultánea. Entre estas variables se pueden encontrar: factor de luz de día, valores de luminancia e iluminancia, análisis del confort visual, etc. La información que se puede obtener por medio de los programas contribuye a tomar decisiones de forma temprana en las etapas del proyecto o en su defecto, (como se verá más adelante en el caso de estudio) hacer una evaluación del comportamiento del objeto construido y proponer cambios y/o mejoras a fin de mejorar sus condiciones lumínicas. Los programas utilizados fueron, ECOTECT ANALYSIS 2011, RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA Y DAYSIM 3.1.

Ecotect Analysis 2011

Análisis Ecotect® Autodesk® software es una herramienta de diseño integral de construcción sostenible y ofrece una amplia gama de funcionalidad de análisis de simulación y creación de energía que puede mejorar el rendimiento de los edificios existentes y los nuevos diseños de edificios. Entre las funciones principales se encuentra análisis y balanceo térmico, uso y evaluación de agua, radiación solar, luz natural, control solar, insolación, sombras y reflexiones, confort, etc. Nuestro caso de estudio aprovechara este software en el tema que nos compete: la iluminación natural.

Radiance Desktop 2.0 beta

Radiance es un programa informático que se utiliza a través de Ecotect y nos dará un resultado más preciso para los estudios de iluminación natural que Ecotect ya que integra el Sistema de Síntesis de Imagen Resplandor con AutoCAD Release 14. El objetivo es proporcionar una herramienta de diseño integrado con paquetes de CAD populares para facilitar el análisis de las estrategias de iluminación artificial y natural de eficiencia energética en el diseño de edificios utilizado por los arquitectos y diseñadores para predecir la iluminación, la calidad visual y el aspecto de los espacios de diseño y por los investigadores para evaluar las nuevas tecnologías de iluminación y estudiar el confort y ambiente visual.

Daysim 3.1

DAYSIM es un software de análisis que se basa en algoritmos de iluminación natural que modelan la cantidad anual de la luz del día en y alrededor de los edificios. Los modelos de simulación están basadas en archivos de clima de la localidad y aporta distintos resultados como la autonomía luz del día y útil, factor de luz del día, así como energía de alumbrado eléctrico. DAYSIM también genera programaciones

horarias de ocupación, las cargas de iluminación eléctrica y puede ser trasladado a simulación térmica como EnergyPlus, eQuest y TRNSYS.

Antes de dar paso al análisis por medio de herramientas digitales es conveniente conocer el comportamiento solar anual en el caso de estudio y por ello se presenta a continuación el desplazamiento horario y por estaciones del astro rey desde la herramienta *"view from sun pos"* de Ecotect (Figura 374).

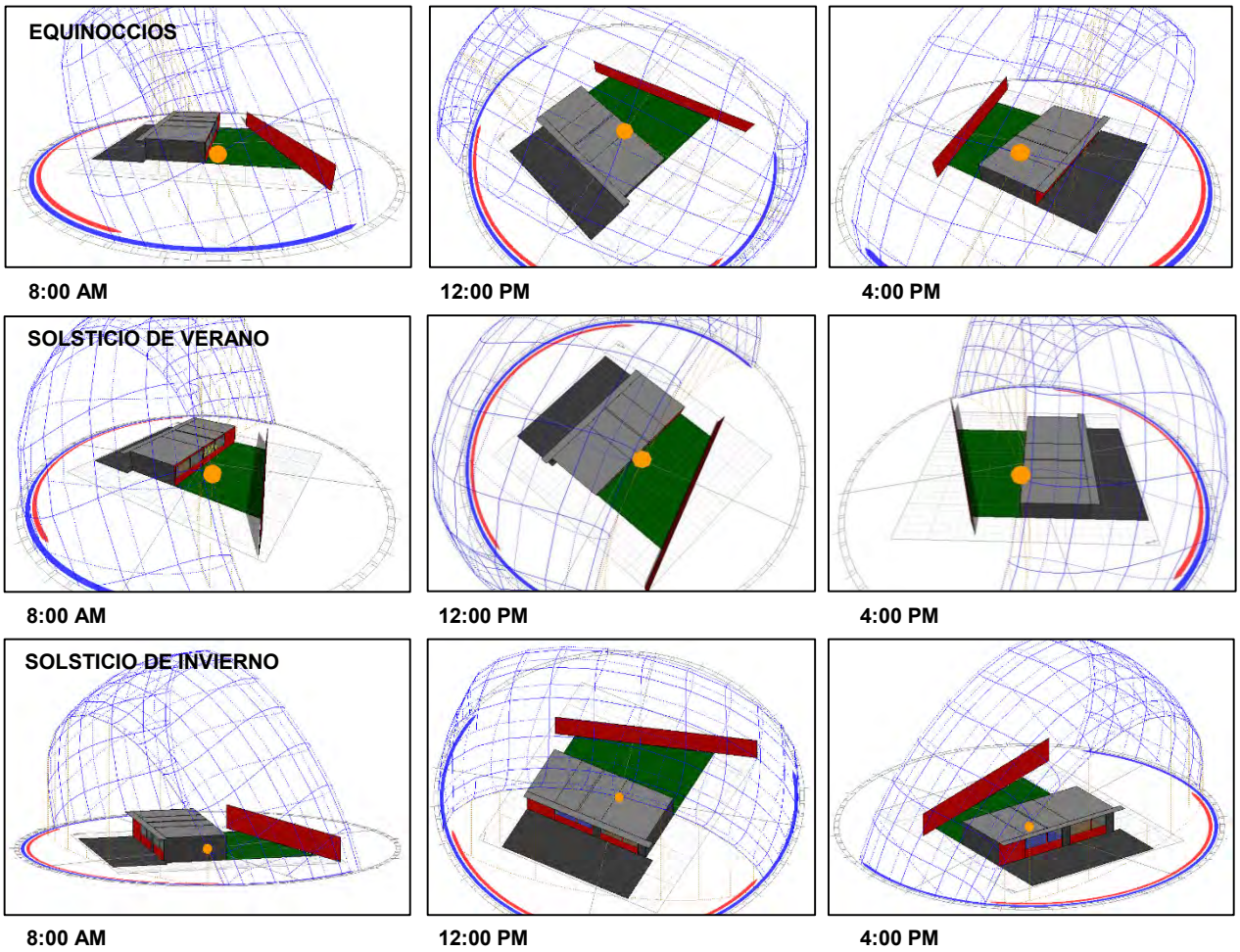


Figura 374. Vista desde el sol

7.8.4.1 CASO BASE

7.8.4.1.1 ECOTECT ANALYSIS 2011

Una de las herramientas demasiado útil dentro de este software es *solartool* el cual permite obtener una gran cantidad de resultados en cuanto a elementos de protección solar, que en nuestro caso, son los volados en ambas fachadas, la norte donde este se ubica en la parte de la azotea y la sur (inmediato) como prolongación de la primer losa.

Figura 375. Incidencia solar general en fachada norte

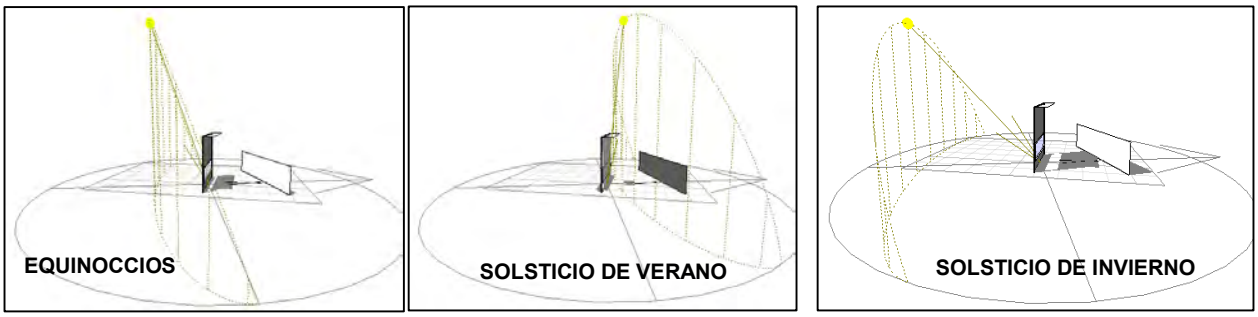
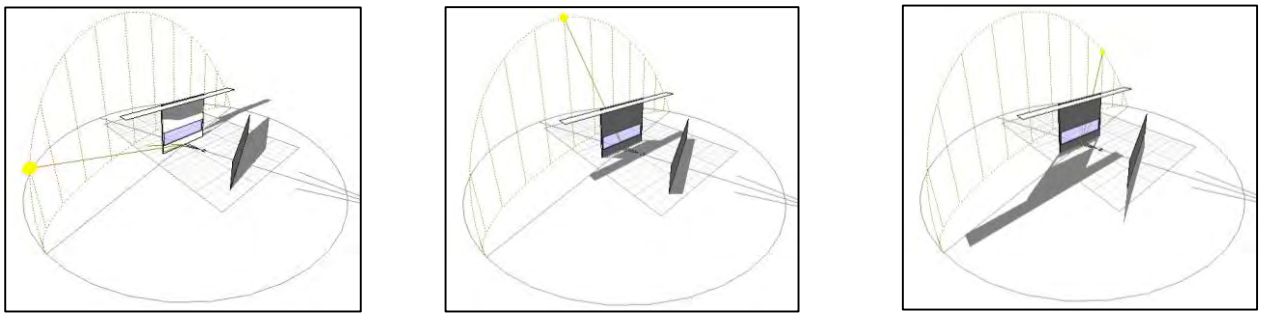
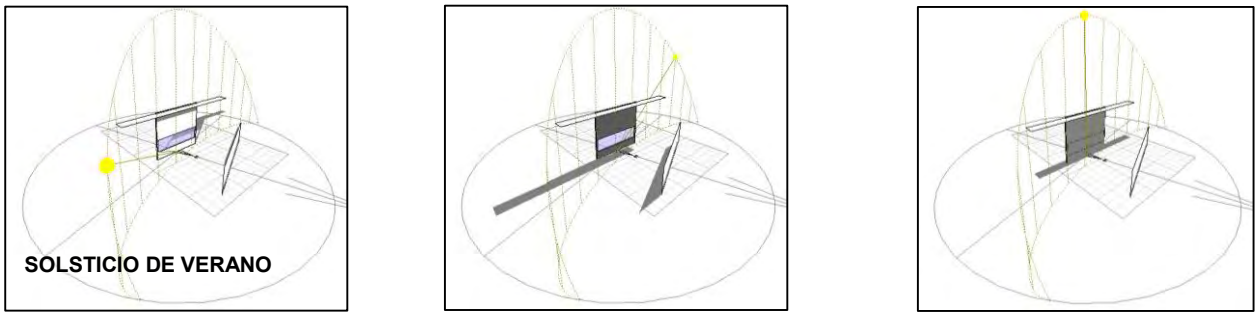


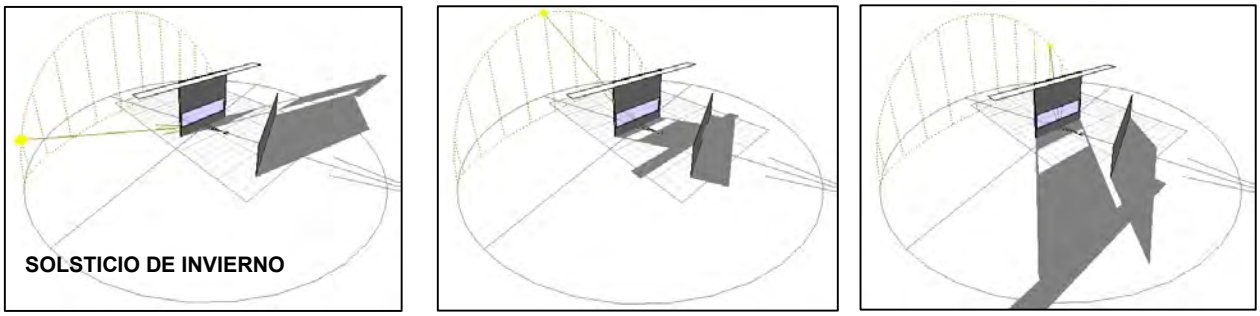
Figura 376. Incidencia solar horaria en fachada norte



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

Figura 377. Coeficientes de sombreado para la ventana norte

Effective Shading Coefficients

Latitude: 19.4°
Longitude: -99.1°
Timezone: -90.0° [-6.0hrs]
Orientation: 16.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	[Behind]	--	--
February	0.0%	0.0%	0.0%
March	36.3%	93.0%	0.0%
April	36.0%	100.0%	0.0%
May	31.2%	100.0%	0.0%
June	35.4%	100.0%	0.0%
July	35.5%	100.0%	0.0%
August	39.2%	100.0%	0.0%
September	26.0%	93.0%	0.0%
October	0.0%	0.0%	0.0%
November	[Behind]	--	--
December	[Behind]	--	--
Winter	0.0%	0.0%	66.7%
Summer	34.1%	100.0%	0.0%
Annual	20.0%	57.2%	25.0%

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 19.4° | Date: 21st March | Local Correction: -43.6 mins
Longitude: -99.1° | Julian Date: 80 | Equation of Time: -7.2 mins
Timezone: -90.0° [-6.0hrs] | Sunrise: 06:43 | Declination: -0.3°
Orientation: 16.0° | Sunset: 18:43

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
07:00	(06:16)	91.6°	3.8°	75.6°	14.9°	0%
07:30	(06:46)	94.1°	10.8°	78.1°	43.9°	0%
08:00	(07:16)	96.8°	17.9°	80.8°	63.7°	0%
08:30	(07:46)	99.7°	24.9°	83.7°	76.7°	10%
09:00	(08:16)	103.0°	31.8°	87.0°	85.1°	75%
09:30	(08:46)	106.7°	38.7°	90.7°	90.9°	[Behind]
10:00	(09:16)	111.3°	45.4°	95.3°	95.2°	[Behind]
10:30	(09:46)	117.1°	51.8°	101.1°	98.5°	[Behind]
11:00	(10:16)	124.8°	57.9°	108.8°	101.4°	[Behind]
11:30	(10:46)	135.4°	63.3°	119.4°	103.8°	[Behind]
12:00	(11:16)	150.2°	67.6°	134.2°	106.0°	[Behind]
12:30	(11:46)	170.0°	70.1°	154.0°	108.1°	[Behind]
13:00	(12:16)	-167.5°	69.8°	176.1°	110.0°	[Behind]
13:30	(12:46)	-148.6°	67.3°	-164.6°	112.0°	[Behind]
14:00	(13:16)	-134.2°	62.8°	-150.2°	114.0°	[Behind]
14:30	(13:46)	-123.9°	57.3°	-139.9°	115.1°	[Behind]
15:00	(14:16)	-116.5°	51.2°	-132.5°	118.5°	[Behind]
15:30	(14:46)	-110.8°	44.7°	-126.8°	121.2°	[Behind]
16:00	(15:16)	-106.3°	38.0°	-122.3°	124.4°	[Behind]
16:30	(15:46)	-102.6°	31.2°	-118.6°	128.4°	[Behind]
17:00	(16:16)	-99.4°	24.2°	-115.4°	133.6°	[Behind]
17:30	(16:46)	-96.6°	17.2°	-112.6°	141.1°	[Behind]
18:00	(17:16)	-93.9°	10.2°	-109.9°	152.2°	[Behind]
18:30	(17:46)	-91.4°	3.1°	-107.4°	169.7°	[Behind]

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 19.4° | Date: 21st June | Local Correction: -37.9 mins
Longitude: -99.1° | Julian Date: 172 | Equation of Time: -1.6 mins
Timezone: -90.0° [-6.0hrs] | Sunrise: 06:02 | Declination: 23.4°
Orientation: 16.0° | Sunset: 19:13

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
06:30	(05:52)	67.2°	5.9°	51.2°	9.3°	0%
07:00	(06:22)	69.3°	12.4°	53.3°	20.2°	0%
07:30	(06:52)	71.1°	19.1°	55.1°	31.2°	0%
08:00	(07:22)	72.7°	25.8°	56.7°	41.3°	0%
08:30	(07:52)	74.0°	32.6°	58.0°	50.4°	0%
09:00	(08:22)	75.1°	39.4°	59.1°	58.0°	0%
09:30	(08:52)	76.0°	46.3°	60.0°	64.4°	0%
10:00	(09:22)	76.5°	53.1°	60.5°	69.7°	0%
10:30	(09:52)	76.5°	60.0°	60.5°	74.1°	99%
11:00	(10:22)	75.6°	66.9°	59.6°	77.8°	100%
11:30	(10:52)	72.7°	73.7°	56.7°	80.9°	100%
12:00	(11:22)	63.8°	80.3°	47.8°	83.4°	100%
12:30	(11:52)	-24.2°	85.8°	8.2°	85.6°	100%
13:00	(12:22)	-50.9°	83.5°	-66.9°	87.4°	100%
13:30	(12:52)	-69.3°	77.2°	-85.3°	88.9°	100%
14:00	(13:22)	-74.4°	70.5°	-90.4°	90.1°	[Behind]
14:30	(13:52)	-76.2°	63.6°	-92.2°	91.1°	[Behind]
15:00	(14:22)	-76.6°	56.8°	-92.6°	91.7°	[Behind]
15:30	(14:52)	-76.3°	49.9°	-92.3°	92.0°	[Behind]
16:00	(15:22)	-75.6°	43.0°	-91.6°	91.8°	[Behind]
16:30	(15:52)	-74.6°	36.2°	-90.6°	90.9°	[Behind]
17:00	(16:22)	-73.4°	29.4°	-89.4°	88.5°	49%
17:30	(16:52)	-71.9°	22.6°	-87.9°	85.1°	19%
18:00	(17:22)	-70.2°	15.9°	-86.2°	77.1°	0%
18:30	(17:52)	-68.3°	9.3°	-84.3°	58.9°	0%
19:00	(18:22)	-66.1°	2.8°	-82.1°	19.6°	0%

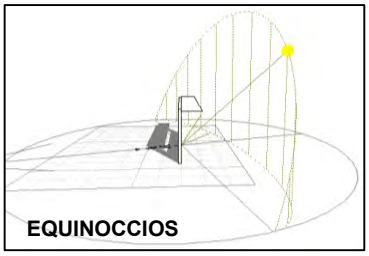
Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 19.4° | Date: 21st December | Local Correction: -34.3 mins
Longitude: -99.1° | Julian Date: 355 | Equation of Time: 2.1 mins
Timezone: -90.0° [-6.0hrs] | Sunrise: 07:09 | Declination: -23.5°
Orientation: 16.0° | Sunset: 17:59

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
07:30	(05:55)	115.8°	4.4°	100.8°	157.8°	[Behind]
08:00	(07:25)	119.7°	10.8°	103.7°	141.7°	[Behind]
08:30	(07:55)	123.1°	16.6°	107.1°	134.5°	[Behind]
09:00	(08:25)	127.0°	22.4°	111.0°	131.0°	[Behind]
09:30	(08:55)	131.6°	27.9°	115.6°	129.2°	[Behind]
10:00	(09:25)	137.0°	33.0°	121.0°	128.5°	[Behind]
10:30	(09:55)	143.4°	37.5°	127.4°	128.3°	[Behind]
11:00	(10:25)	150.8°	41.4°	134.8°	128.7°	[Behind]
11:30	(10:55)	159.2°	44.4°	143.2°	129.3°	[Behind]
12:00	(11:25)	168.6°	46.3°	152.6°	130.3°	[Behind]
12:30	(11:55)	178.6°	47.1°	162.6°	131.5°	[Behind]
13:00	(12:25)	-171.4°	46.7°	172.6°	133.1°	[Behind]
13:30	(12:55)	-161.8°	45.0°	-177.8°	135.0°	[Behind]
14:00	(13:25)	-153.0°	42.3°	-169.0°	137.2°	[Behind]
14:30	(13:55)	-145.4°	38.7°	-161.4°	139.8°	[Behind]
15:00	(14:25)	-138.7°	34.3°	-154.7°	143.0°	[Behind]
15:30	(14:55)	-133.1°	29.4°	-149.1°	146.7°	[Behind]
16:00	(15:25)	-128.3°	24.0°	-144.3°	151.2°	[Behind]
16:30	(15:55)	-124.1°	18.3°	-140.1°	156.7°	[Behind]
17:00	(16:25)	-120.6°	12.3°	-136.6°	163.3°	[Behind]
17:30	(16:55)	-117.6°	6.1°	-133.6°	171.1°	[Behind]

Debido a los resultados obtenidos es notorio que para el solsticio de invierno es nula la incidencia directa solar sobre esta fachada mientras que en el solsticio de verano tiene incidencia directa la mayor parte del día y en los equinoccios solo una pequeña en la mañana.

Figura 378. Incidencia solar general en fachada sur



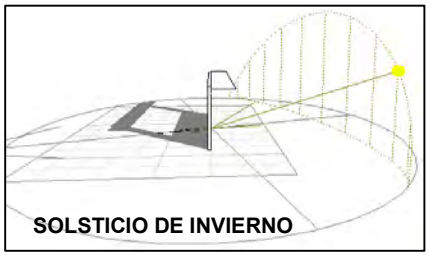
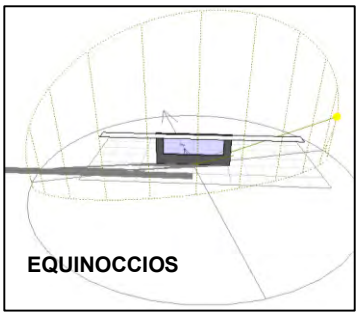
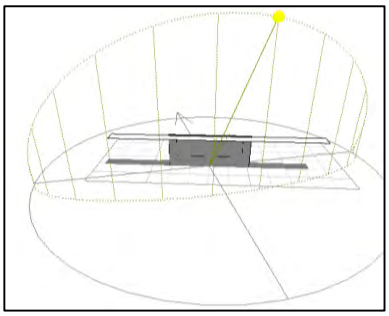
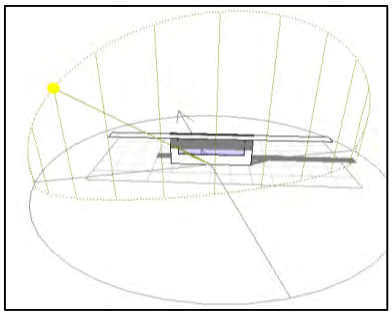


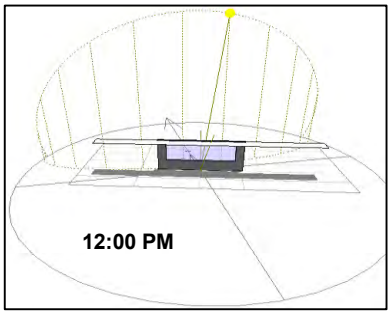
Figura 379. Incidencia solar horaria en fachada sur

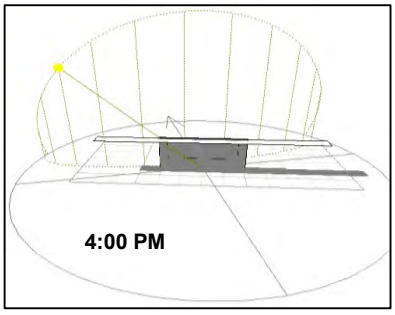


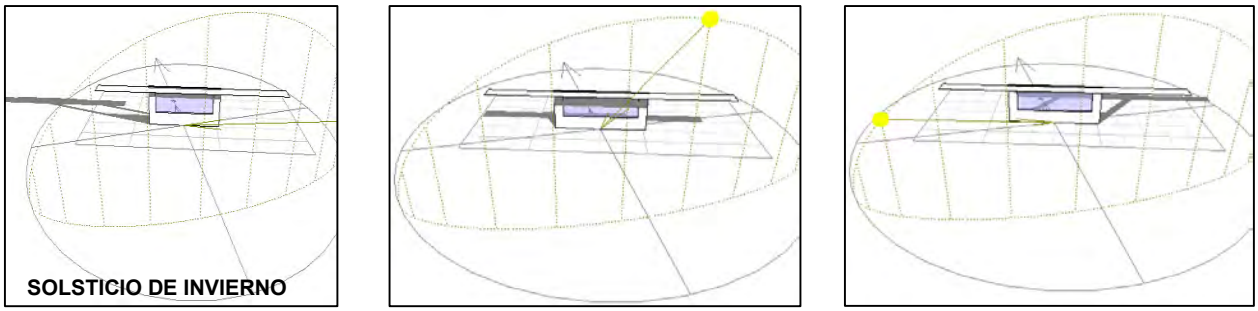




8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

Figura 380. Coeficientes de sombreado para la ventana sur

Effective Shading Coefficients

Latitude: 19.4°
Longitude: -99.1°
Timezone: -90.0° [-6.0hrs]
Orientation: 196.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	41.6%	81.0%	0.0%
February	67.8%	100.0%	0.0%
March	79.3%	100.0%	0.0%
April	94.2%	100.0%	40.0%
May	99.9%	100.0%	99.0%
June	100.0%	100.0%	100.0%
July	99.9%	100.0%	99.0%
August	92.1%	100.0%	34.0%
September	75.9%	100.0%	0.0%
October	62.9%	100.0%	0.0%
November	35.1%	70.0%	0.0%
December	29.1%	60.0%	0.0%
Winter	**46.2%**	**80.3%**	**0.0%**
Summer	**99.9%**	**100.0%**	**99.3%**
Annual	**73.2%**	**92.6%**	**31.0%**

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 19.4° Date: 21st March Local Correction: -43.6 mins
Longitude: -99.1° Julian Date: 80 Equation of Time: -7.2 mins
Timezone: -90.0° [-6.0hrs] Sunrise: 06:43 Declination: -0.3°
Orientation: 196.0° Sunset: 18:43

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
07:00	(06:16)	91.6°	3.8°	-104.4°	165.1°	[Behind]
07:30	(06:46)	94.1°	10.9°	-101.9°	137.0°	[Behind]
08:00	(07:16)	96.8°	17.9°	-99.2°	116.3°	[Behind]
08:30	(07:46)	99.7°	24.9°	-96.3°	103.3°	[Behind]
09:00	(08:16)	103.0°	31.8°	-93.0°	94.9°	[Behind]
09:30	(08:46)	106.7°	38.7°	-89.3°	89.1°	100%
10:00	(09:16)	111.3°	45.4°	-84.7°	84.8°	100%
10:30	(09:46)	117.1°	51.8°	-78.9°	81.4°	100%
11:00	(10:16)	124.8°	57.9°	-71.2°	78.9°	100%
11:30	(10:46)	135.4°	63.3°	-60.6°	76.2°	100%
12:00	(11:16)	150.2°	67.6°	-45.8°	74.0°	100%
12:30	(11:46)	170.0°	70.1°	-26.0°	71.9°	100%
13:00	(12:16)	-167.9°	69.9°	-3.9°	70.0°	100%
13:30	(12:46)	-148.6°	67.3°	15.4°	68.0°	100%
14:00	(13:16)	-134.2°	62.6°	29.8°	66.0°	100%
14:30	(13:46)	-123.9°	57.3°	40.1°	63.9°	100%
15:00	(14:16)	-116.5°	51.2°	47.5°	61.5°	94%
15:30	(14:46)	-110.8°	44.7°	53.2°	58.8°	70%
16:00	(15:16)	-106.3°	38.0°	57.7°	55.6°	65%
16:30	(15:46)	-102.6°	31.2°	61.4°	51.6°	61%
17:00	(16:16)	-99.4°	24.2°	64.6°	46.4°	32%
17:30	(16:46)	-96.6°	17.2°	67.4°	38.9°	25%
18:00	(17:16)	-93.9°	10.2°	70.1°	27.8°	22%
18:30	(17:46)	-91.4°	3.1°	72.5°	10.3°	0%

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 19.4° Date: 21st June Local Correction: -37.9 mins
Longitude: -99.1° Julian Date: 172 Equation of Time: -1.6 mins
Timezone: -90.0° [-6.0hrs] Sunrise: 06:02 Declination: 23.4°
Orientation: 196.0° Sunset: 19:13

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
06:30	(05:52)	67.2°	5.9°	-128.8°	170.7°	[Behind]
07:00	(06:22)	69.3°	12.4°	-126.7°	159.8°	[Behind]
07:30	(06:52)	71.1°	19.1°	-124.9°	148.8°	[Behind]
08:00	(07:22)	72.7°	25.8°	-123.3°	138.7°	[Behind]
08:30	(07:52)	74.0°	32.6°	-122.0°	129.6°	[Behind]
09:00	(08:22)	75.1°	39.4°	-120.9°	122.0°	[Behind]
09:30	(08:52)	76.0°	46.3°	-120.0°	115.6°	[Behind]
10:00	(09:22)	76.5°	53.1°	-119.5°	110.3°	[Behind]
10:30	(09:52)	76.5°	60.0°	-119.5°	105.9°	[Behind]
11:00	(10:22)	75.6°	66.9°	-120.4°	102.2°	[Behind]
11:30	(10:52)	72.7°	73.7°	-123.3°	99.1°	[Behind]
12:00	(11:22)	63.8°	80.3°	-132.2°	96.6°	[Behind]
12:30	(11:52)	24.2°	85.6°	-171.8°	94.4°	[Behind]
13:00	(12:22)	-50.9°	83.5°	113.1°	92.6°	[Behind]
13:30	(12:52)	-69.3°	77.2°	94.7°	91.1°	[Behind]
14:00	(13:22)	-74.4°	70.5°	89.6°	89.9°	100%
14:30	(13:52)	-76.2°	63.6°	87.8°	88.9°	100%
15:00	(14:22)	-76.6°	56.8°	87.4°	88.3°	100%
15:30	(14:52)	-76.3°	49.9°	87.7°	88.0°	100%
16:00	(15:22)	-75.6°	43.0°	88.4°	88.2°	100%
16:30	(15:52)	-74.6°	36.2°	89.4°	89.1°	100%
17:00	(16:22)	-73.4°	29.4°	90.6°	91.1°	[Behind]
17:30	(16:52)	-71.9°	22.6°	92.1°	94.9°	[Behind]
18:00	(17:22)	-70.2°	15.9°	93.8°	102.9°	[Behind]
18:30	(17:52)	-68.3°	9.3°	95.7°	121.1°	[Behind]
19:00	(18:22)	-66.1°	2.8°	97.9°	169.4°	[Behind]

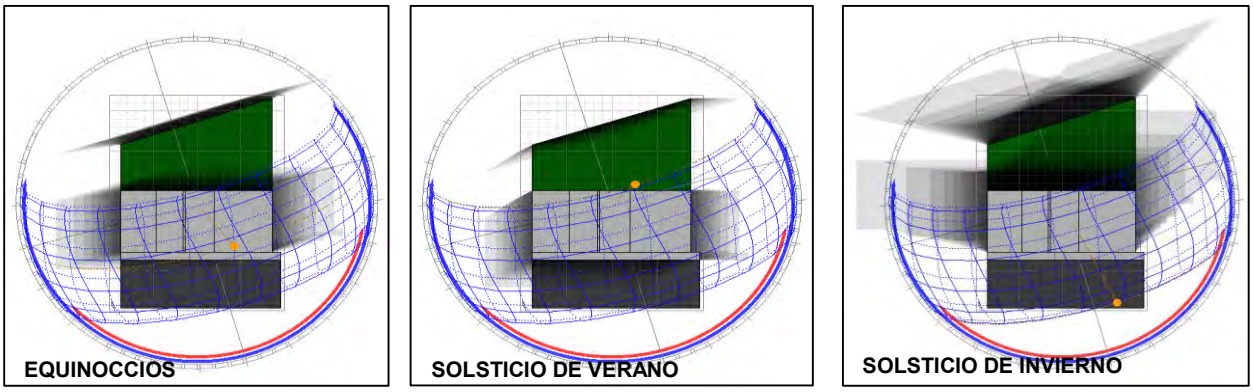
Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 19.4° Date: 21st December Local Correction: -34.3 mins
Longitude: -99.1° Julian Date: 355 Equation of Time: 2.1 mins
Timezone: -90.0° [-6.0hrs] Sunrise: 07:09 Declination: -23.5°
Orientation: 196.0° Sunset: 17:59

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
07:30	(06:55)	116.8°	4.4°	-79.2°	22.2°	0%
08:00	(07:25)	119.7°	10.6°	-76.3°	38.3°	40%
08:30	(07:55)	123.1°	16.6°	-72.9°	45.5°	40%
09:00	(08:25)	127.0°	22.4°	-69.0°	49.0°	40%
09:30	(08:55)	131.6°	27.9°	-64.4°	50.8°	43%
10:00	(09:25)	137.0°	33.0°	-59.0°	51.5°	48%
10:30	(09:55)	143.4°	37.5°	-52.6°	51.7°	53%
11:00	(10:25)	150.8°	41.4°	-45.2°	51.3°	60%
11:30	(10:55)	159.2°	44.4°	-36.8°	50.7°	46%
12:00	(11:25)	168.6°	46.3°	-27.4°	49.7°	50%
12:30	(11:55)	178.6°	47.1°	-17.4°	48.5°	44%
13:00	(12:25)	-171.4°	46.7°	-7.4°	46.9°	40%
13:30	(12:55)	-161.8°	45.0°	2.2°	45.0°	40%
14:00	(13:25)	-153.0°	42.3°	11.0°	42.8°	33%
14:30	(13:55)	-145.4°	38.7°	18.6°	40.2°	24%
15:00	(14:25)	-138.7°	34.3°	25.3°	37.0°	19%
15:30	(14:55)	-133.1°	29.4°	30.9°	33.3°	13%
16:00	(15:25)	-128.3°	24.0°	35.7°	28.8°	7%
16:30	(15:55)	-124.1°	18.3°	39.9°	23.3°	0%
17:00	(16:25)	-120.6°	12.3°	43.4°	16.7°	0%
17:30	(16:55)	-117.6°	6.1°	46.4°	8.9°	0%

En el caso opuesto el solsticio de invierno resulta ser la estación con mayor incidencia directa la mayor parte del día y el verano siendo nula la incidencia por estar detrás de esta fachada.

Figura 381. Rango de sombreado horario-estacional



El sombreado resulta interesante conocer pues determina las condiciones de iluminancia dentro del caso de estudio y por ello se dan a conocer los resultados obtenidos en las dos fachadas, en la norte como en la sur.

Figura 382. Porcentaje de sombreado anual en diagrama estereográfico-fachada norte

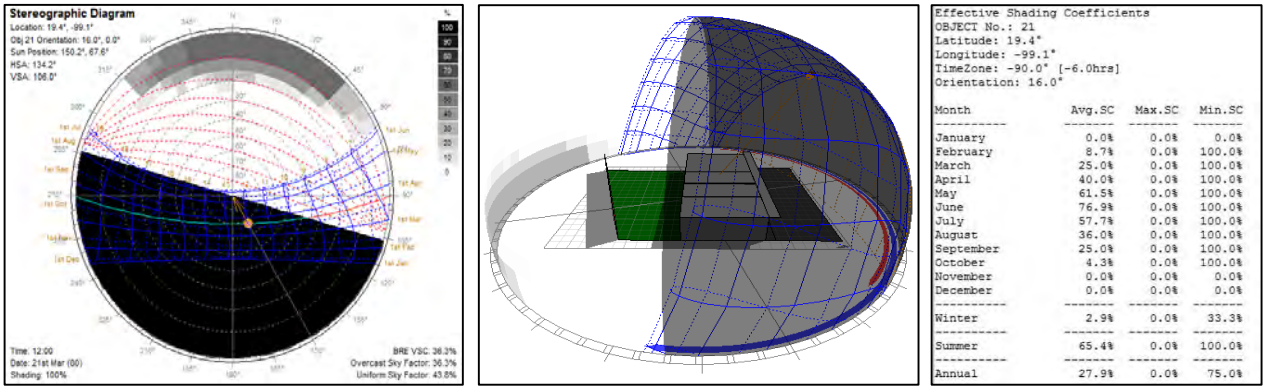
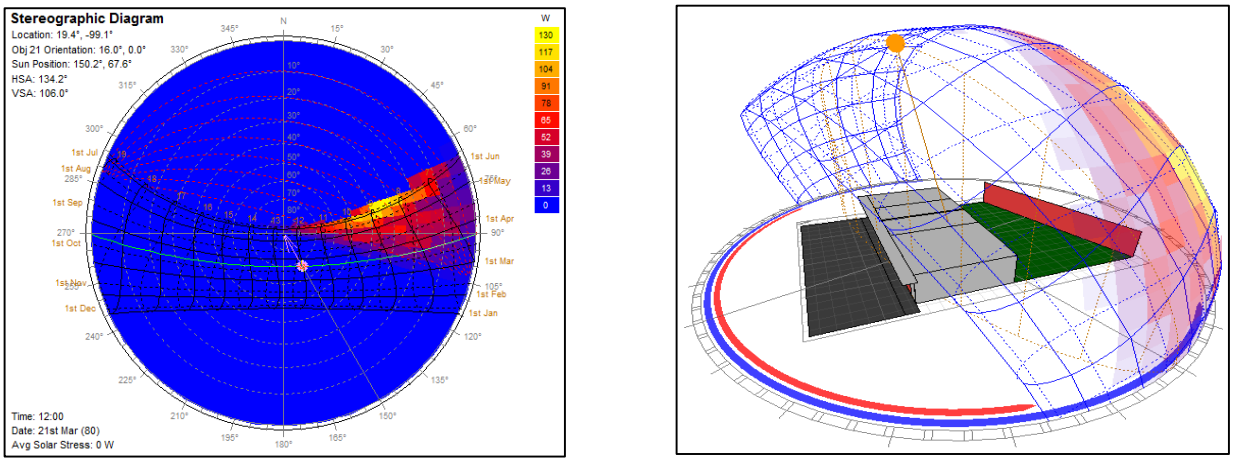


Figura 383. Intensidad de radiación solar fachada norte



Con estas graficas es determinante saber que la mayor parte de la radiación solar se presenta en el verano medio día, mientras que en equinoccios son las primeras horas de la mañana.

Figura 384. Porcentaje de sombreado anual en diagrama estereográfico-fachada sur

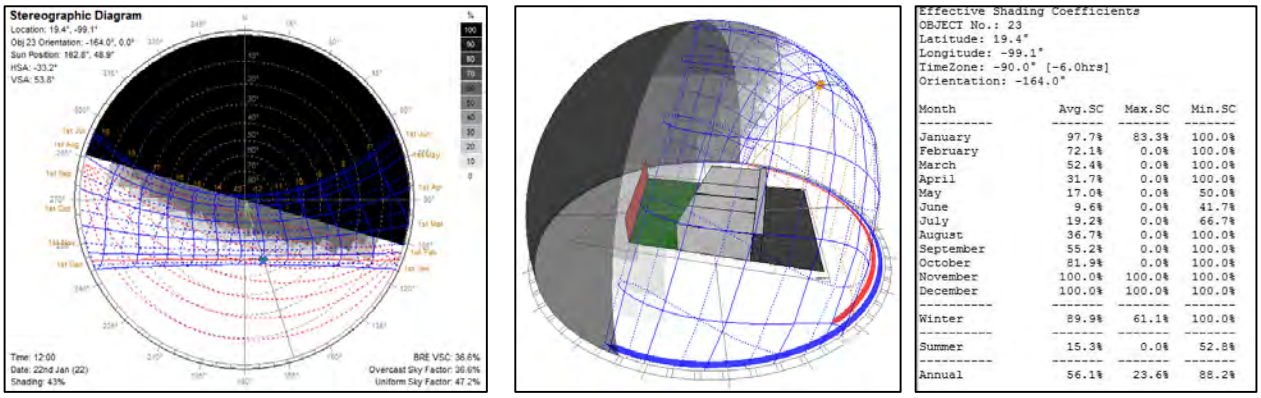
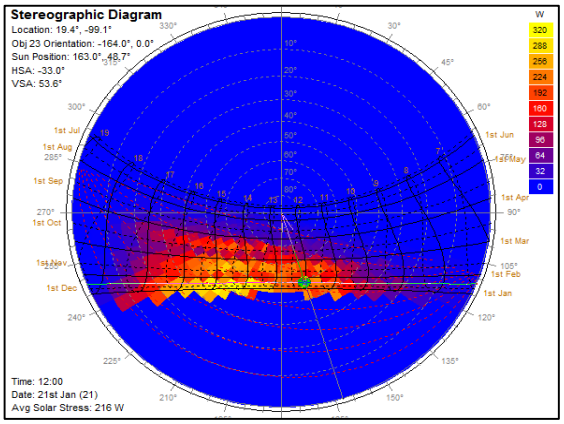
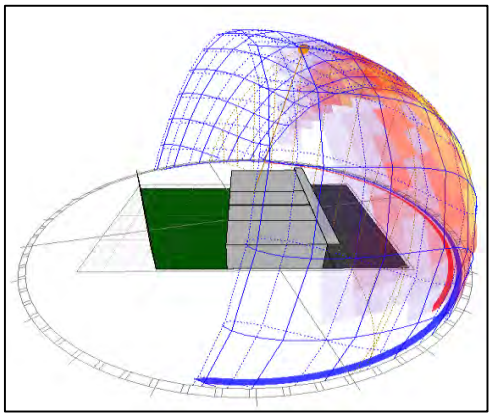


Figura 385. Intensidad de radiación solar fachada sur





En caso contrario, la fachada sur presenta incidencias directas particularmente en invierno la mayor parte del día y una pequeña porción en equinoccios mientras que en solsticio de verano es nula.

Figura 386. Penetración solar en el caso de estudio

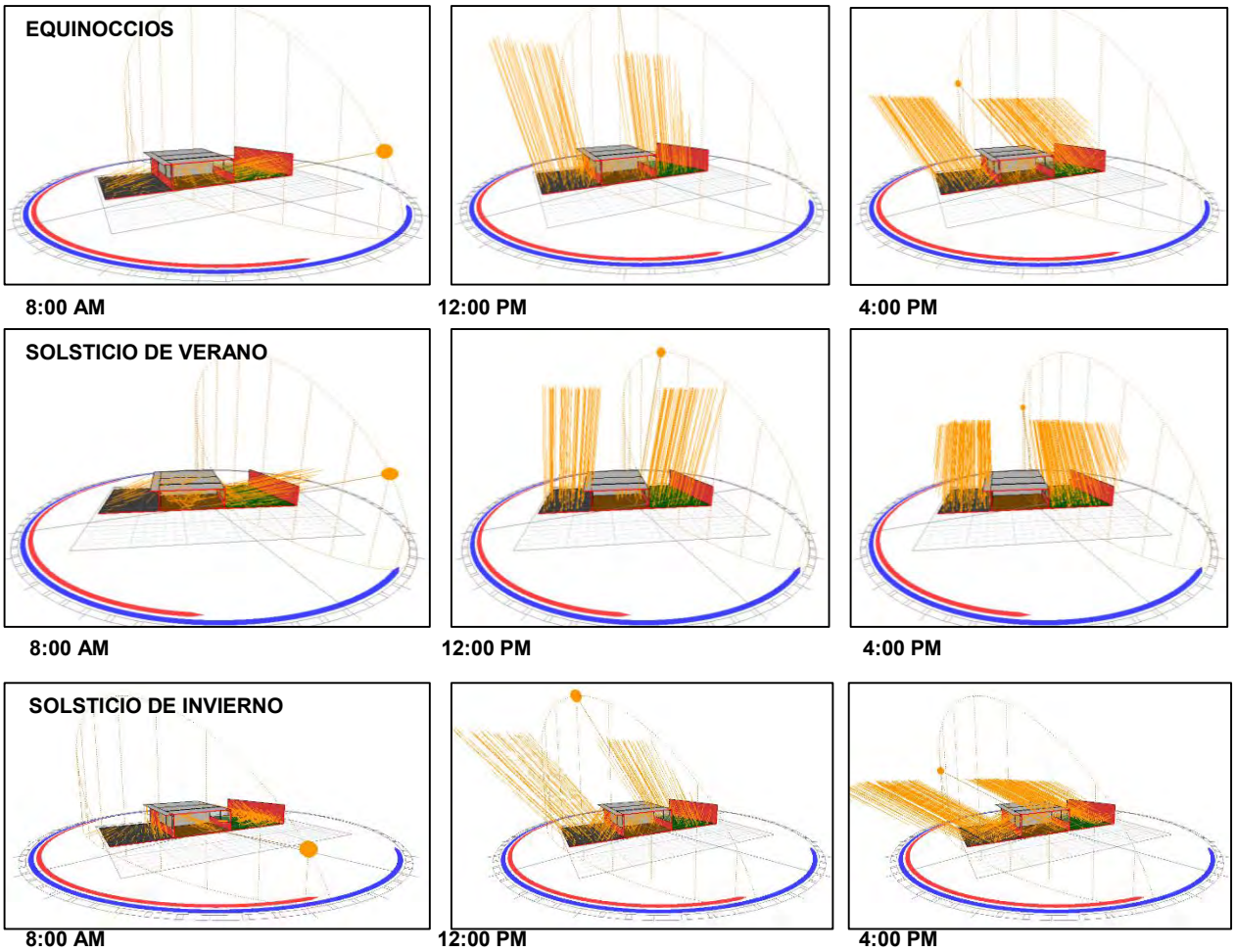


Figura 387. Exposición solar horaria y % de sombreado en ventana norte

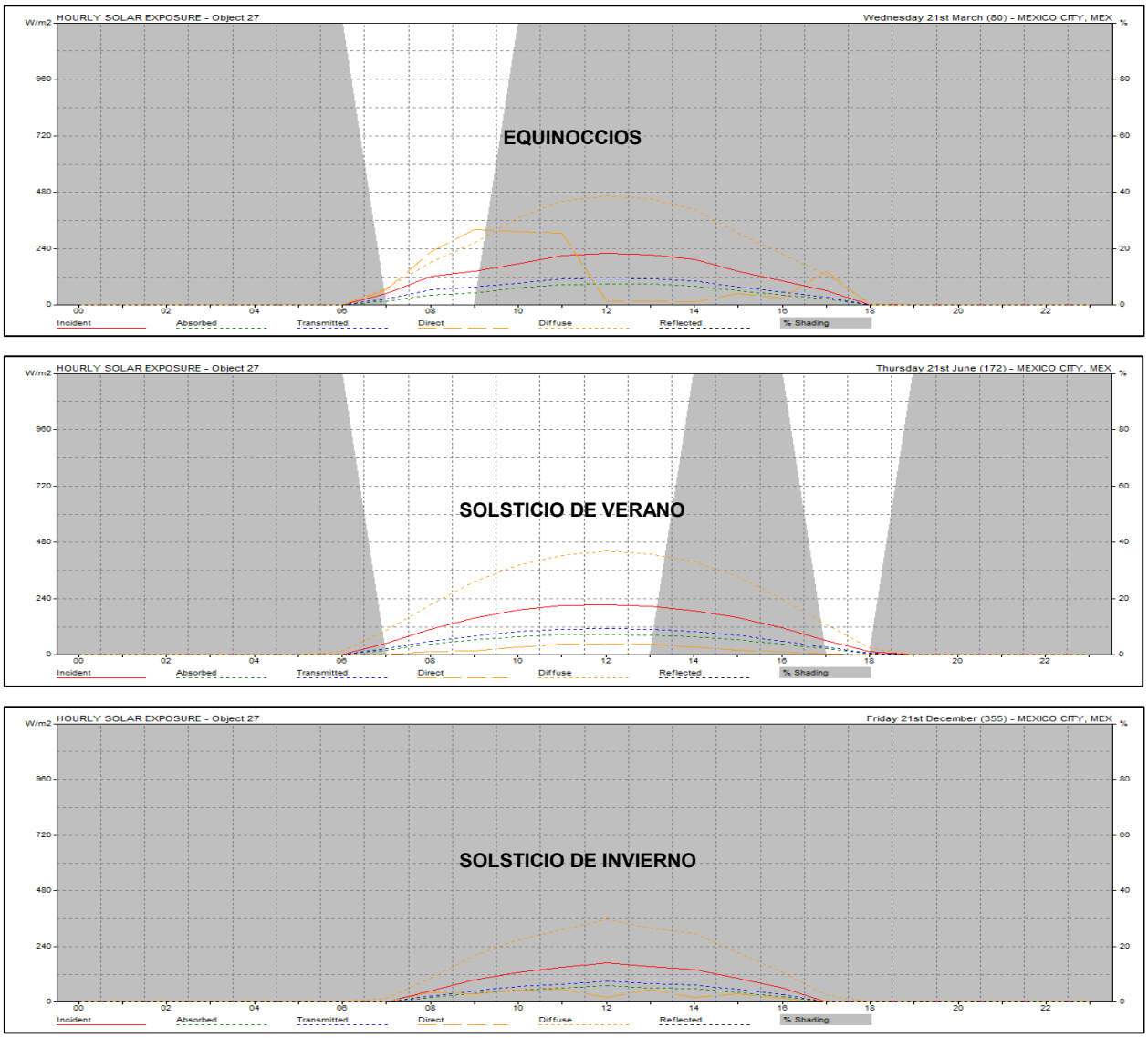


Figura 388. Radiación solar incidente promedio horaria y mensual en ventana norte

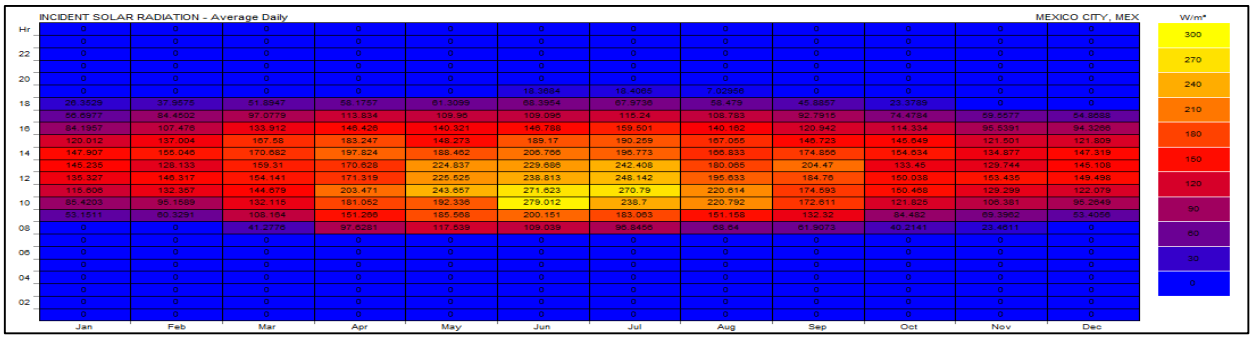
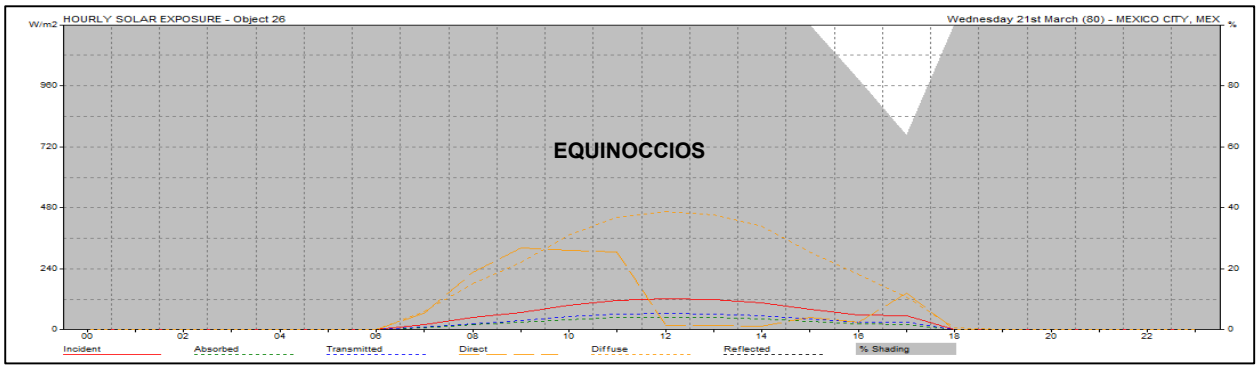
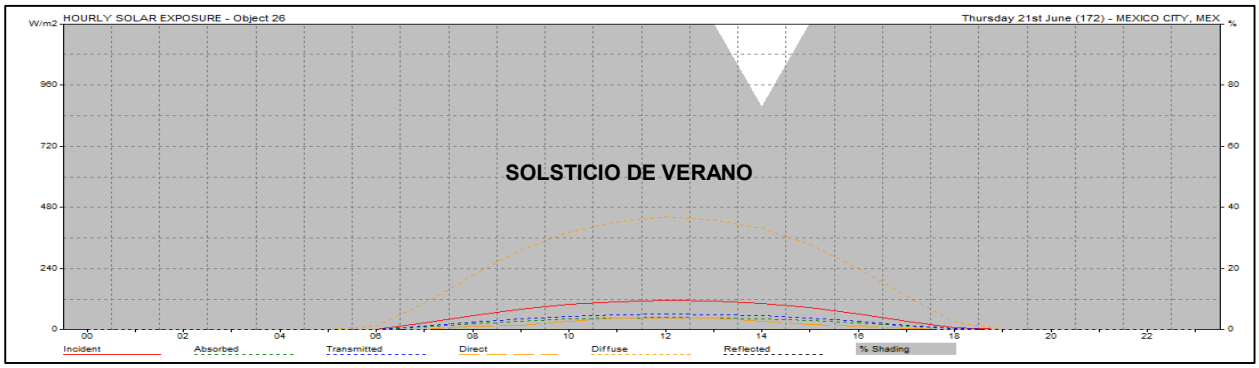


Figura 389. Exposición solar horaria y % de sombreado en ventana sur





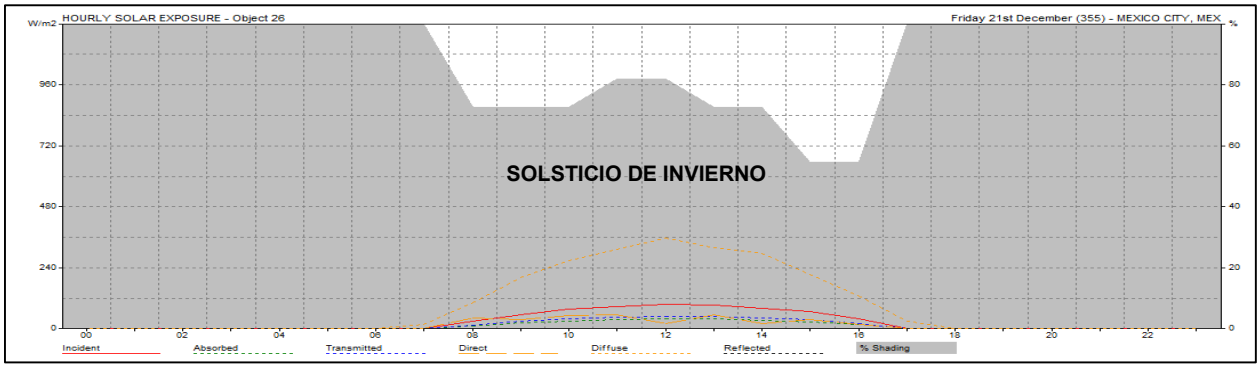


Figura 390. Radiación solar incidente promedio horaria y mensual en ventana sur

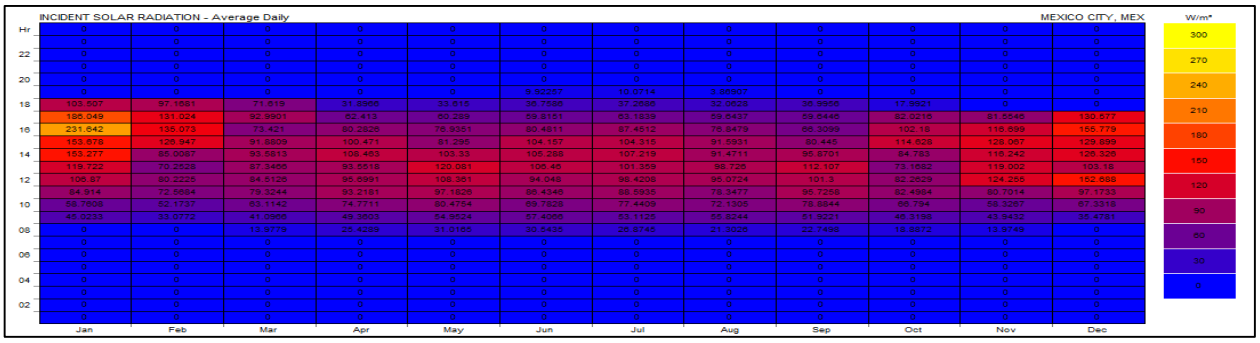
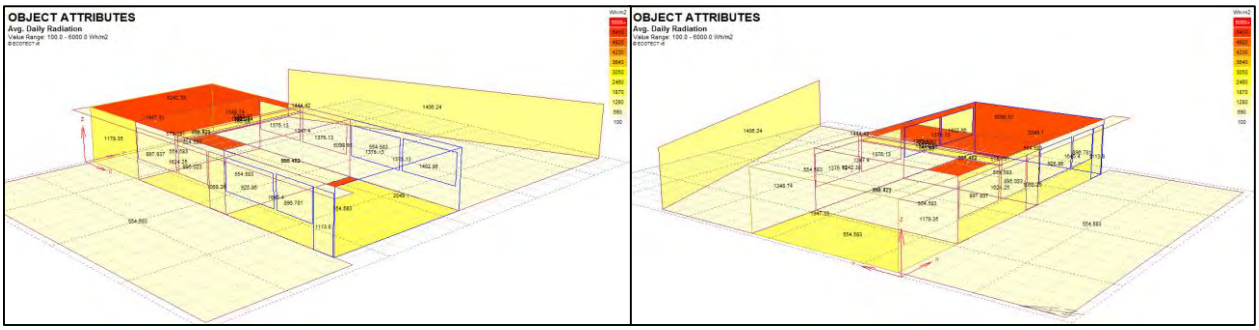
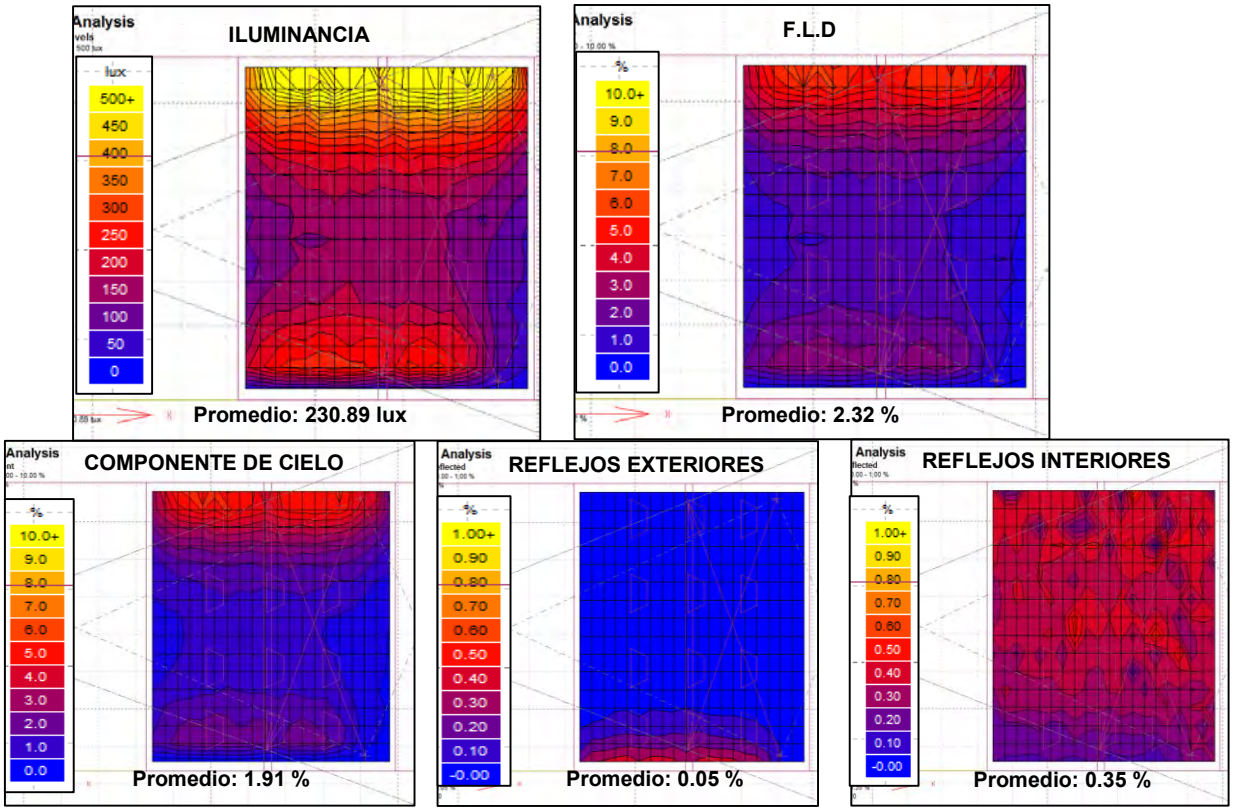


Figura 391. Radiación solar incidente promedio anual



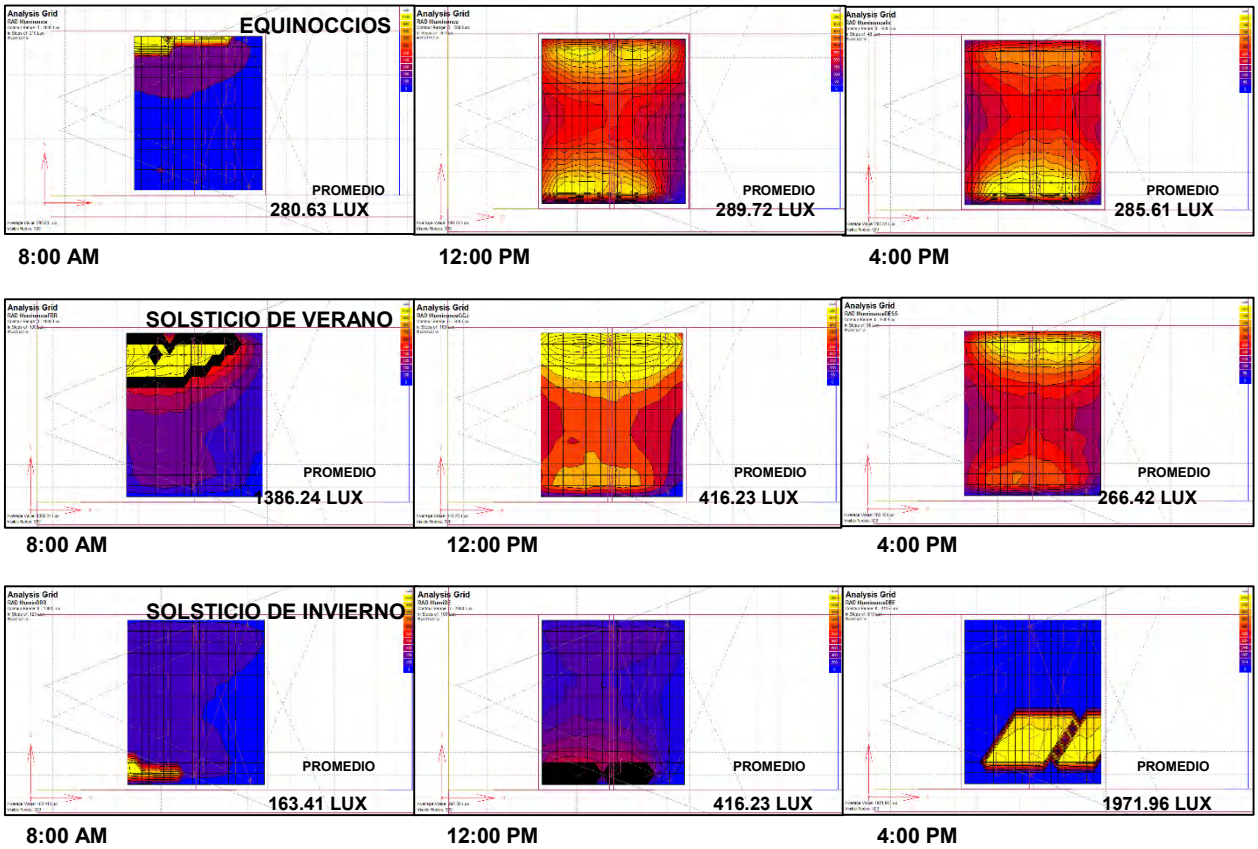
Dados los resultados anteriores y conociendo aquellas variables que determinan las condiciones lumínicas dentro del espacio se presentan a continuación resultados numéricos de iluminancia, factor de luz de día, componente de cielo, reflexiones interiores y exteriores.



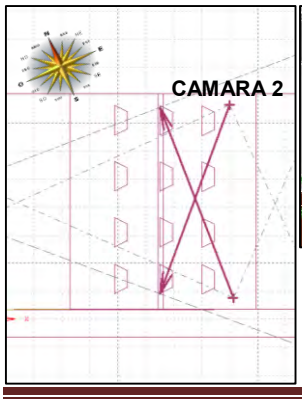
El análisis se realizó a la altura del plano de trabajo (0.65m) con las mismas condiciones de orientación y de Reflectancias siendo este el primer resultado de evaluación lumínica del caso base en Ecotect, tendiendo condiciones muy bajas de iluminancia muy por debajo de los límites que marca la normatividad vigente para este género de edificio el cual nos servirá como punto de partida para después en el análisis de los factores elegidos se haga una comparativa y se mejoren las condiciones lumínicas y de confort visual en las edificaciones de nivel básico educativo.

7.8.4.1.2 RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA

Siendo Radiance un plugin de Ecotect más preciso para análisis de iluminación natural se muestran a continuación el análisis 2d sobre el plano de trabajo de manera estacional y horaria en valores absolutos.



Radiance permite obtener renders del caso de estudio de tal forma que se puedan analizar a detalle cuestiones de iluminancia, factor de luz de día, deslumbramientos y para ello apoyándonos del modelo de Ecotect se realizaron 2 cámaras en ambas fachadas para obtener resultados amplios y nos permita visualizar correctamente el caso base (Figura 392).

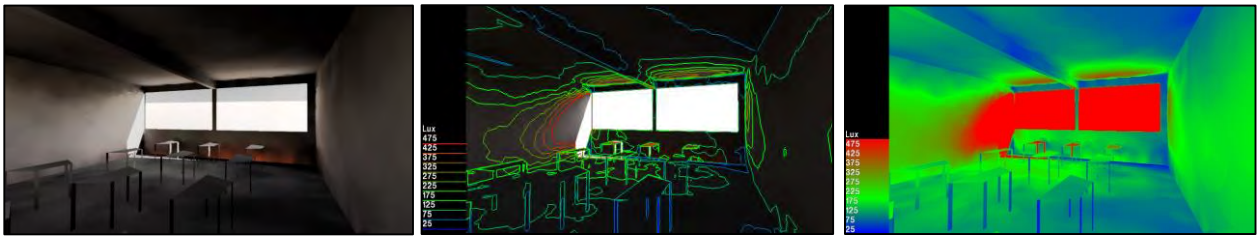


Cámara 1 (Hacia el norte)

Cámara 2 (Hacia el sur)

Figura 392. Cámaras del modelo 3d

A continuación se presentan los resultados de ambas cámaras, de manera estacional y horaria, las imágenes muestran puramente niveles analíticos y cuantitativos.



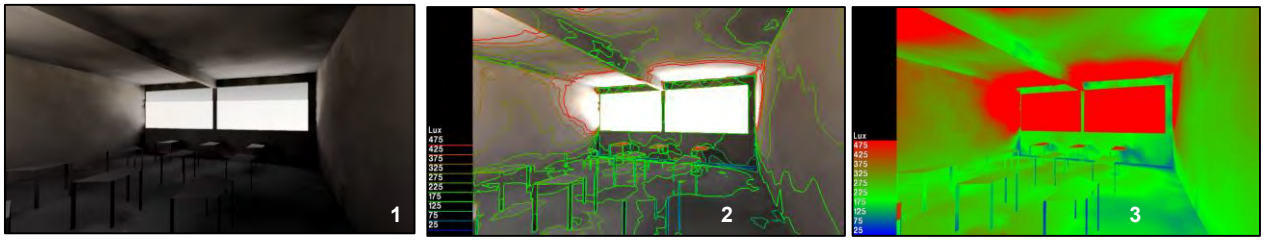
CAMARA 1: **Equinoccios 8 AM**

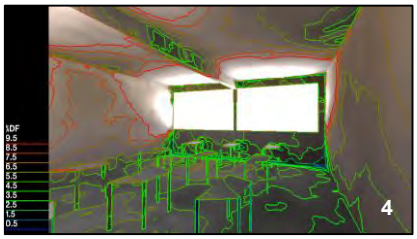
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





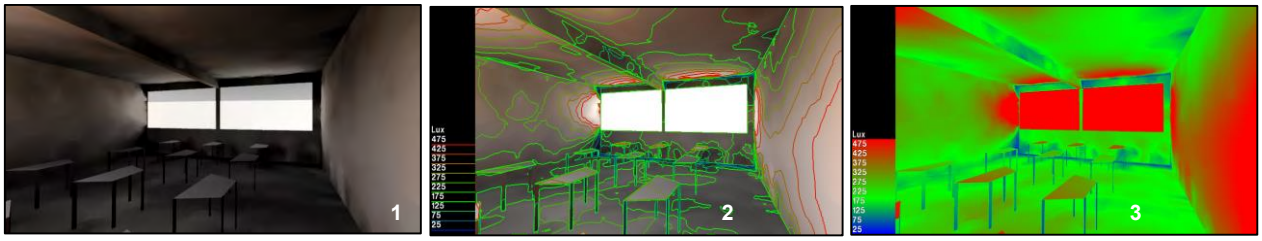
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

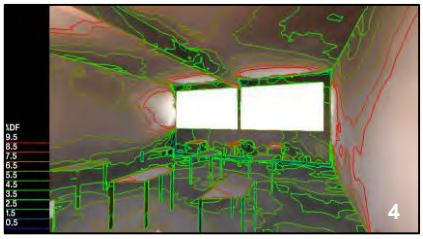
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





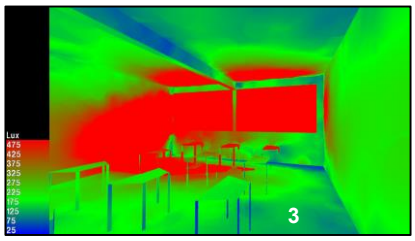
CAMARA 1: **Equinoccios 4 PM**

1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D



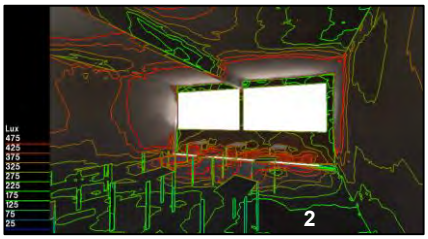
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 8 AM**

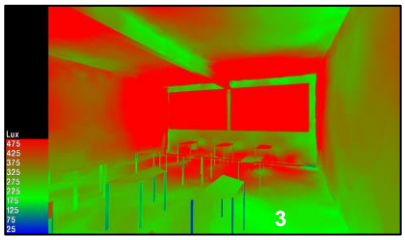
1.- Sensación humana

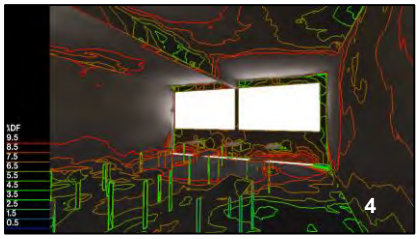
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







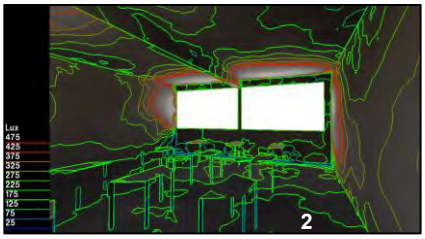
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

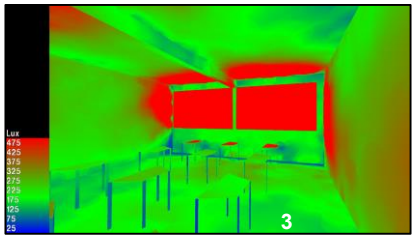
1.- Sensación humana

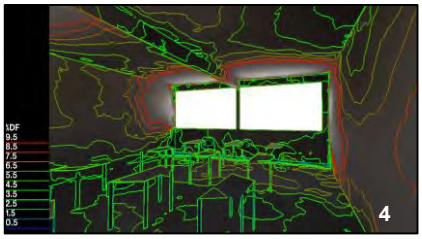
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







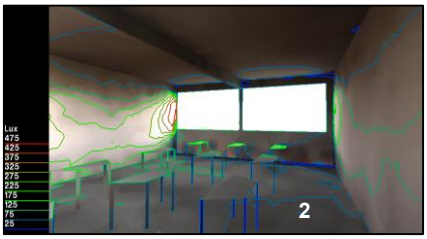
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 4 PM**

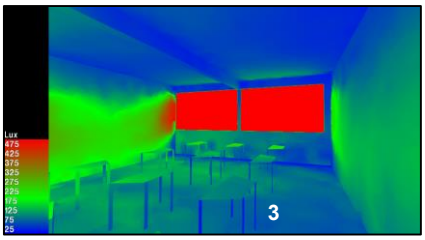
1.- Sensación humana

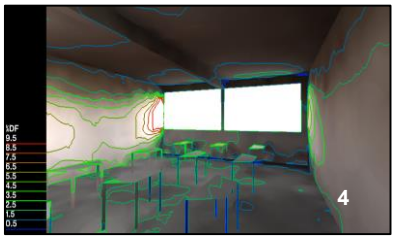
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 1:

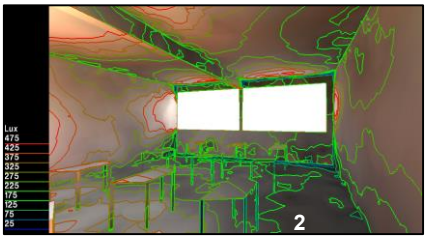
Solsticio de Invierno 8 AM

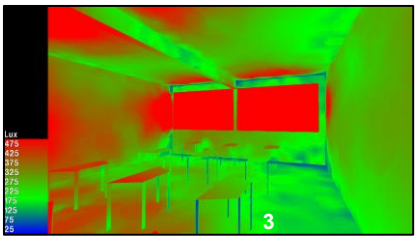
1.- Sensación humana

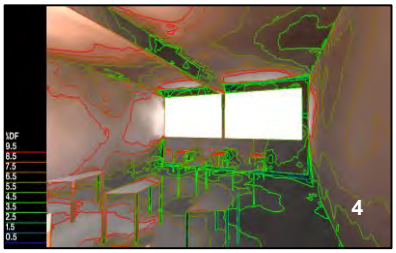
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 1:

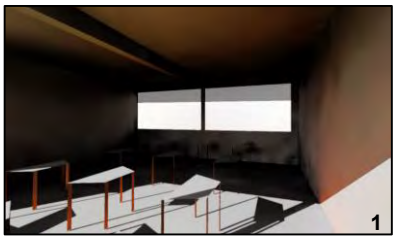
Solsticio de Invierno 12 PM

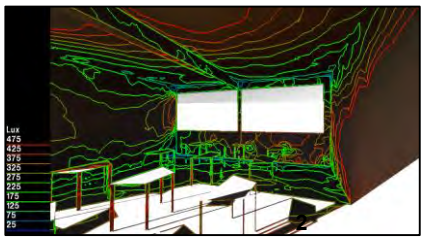
1.- Sensación humana

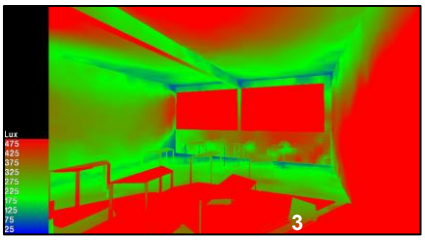
2.-Curvas de nivel de iluminancia

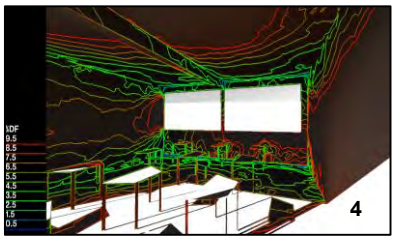
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D









CAMARA 1:

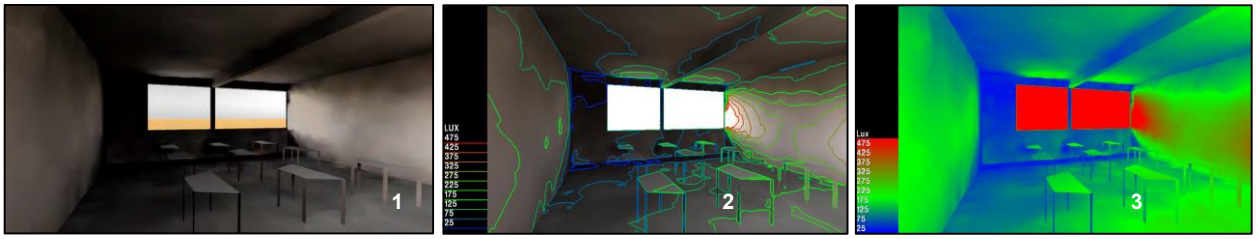
Solsticio de Invierno 4 PM

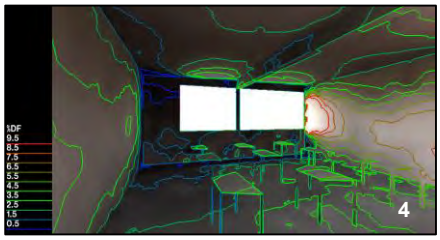
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





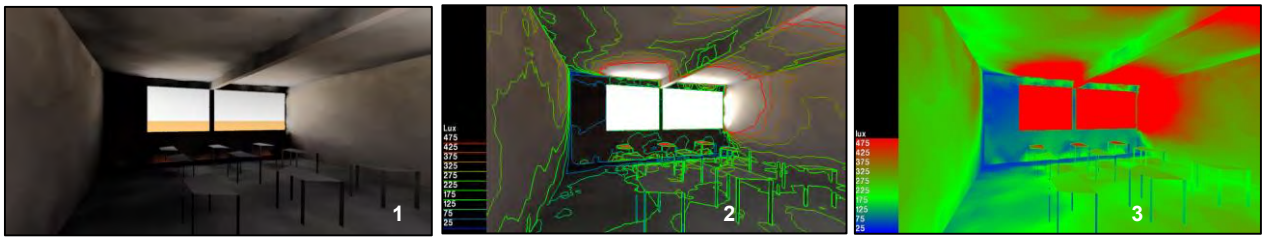
CAMARA 2: **Equinoccios 8 AM**

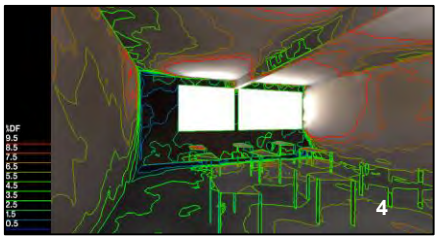
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





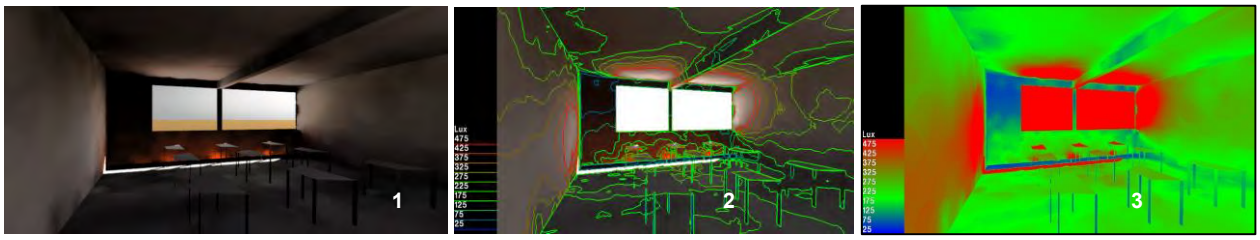
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

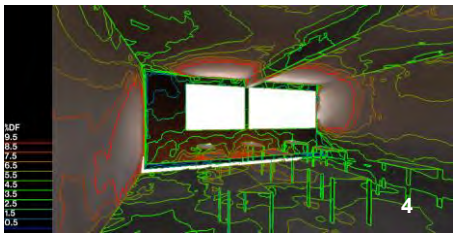
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





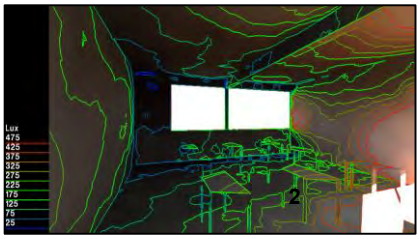
CAMARA 2: **Equinoccios 4 PM**

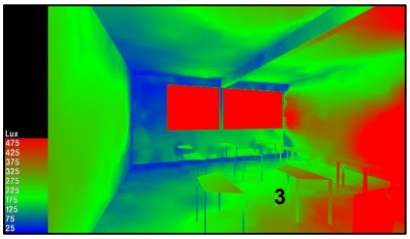
1.- Sensación humana

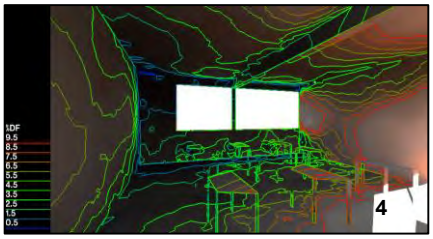
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







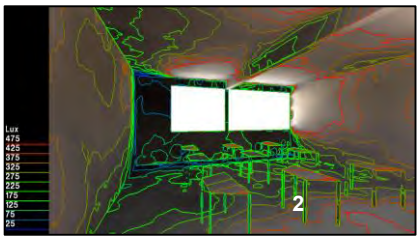
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 8 AM**

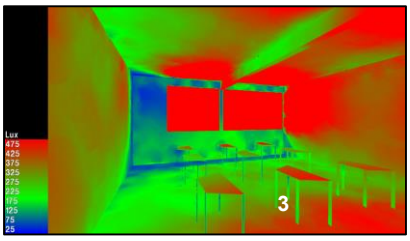
1.- Sensación humana

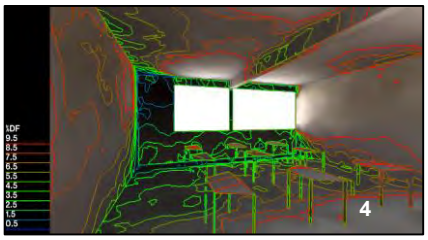
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







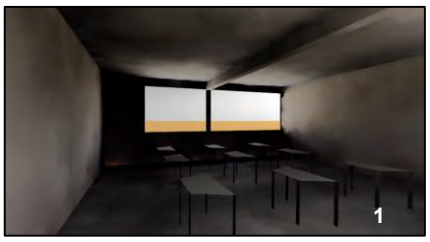
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

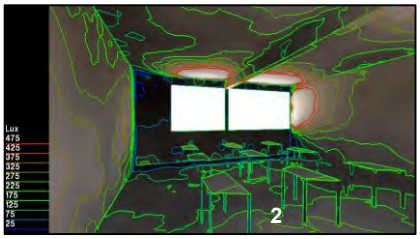
1.- Sensación humana

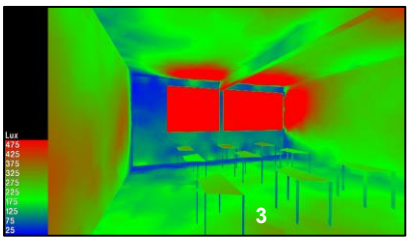
2.-Curvas de nivel de iluminancia

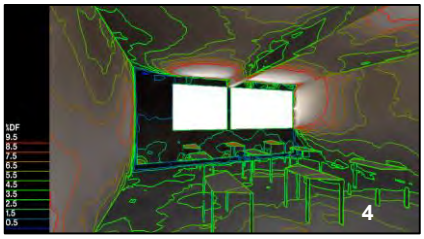
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D









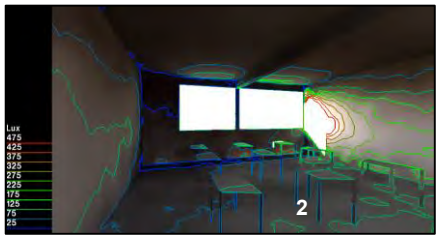
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 4 PM**

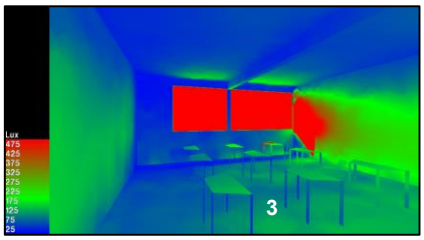
1.- Sensación humana

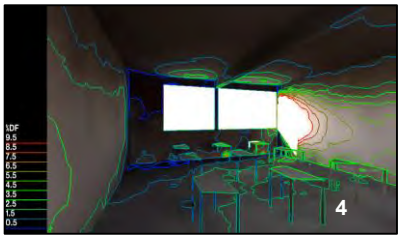
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







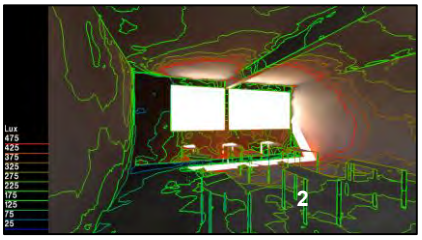
CAMARA 2: **Solsticio de Invierno 8 AM**

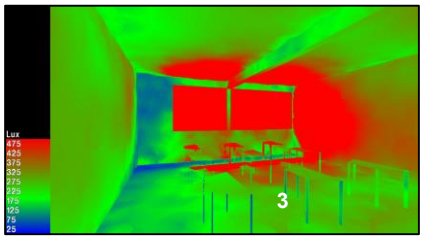
1.- Sensación humana

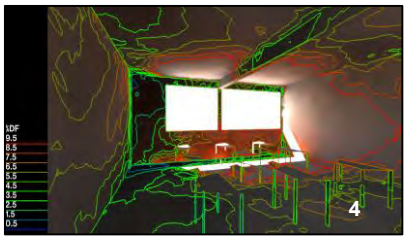
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







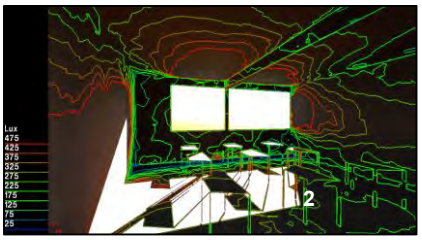
CAMARA 2: **Solsticio de Invierno 12 PM**

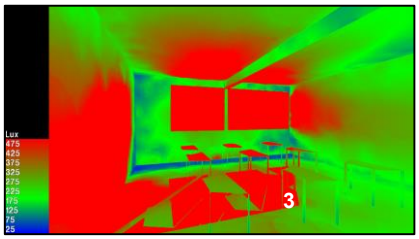
1.- Sensación humana

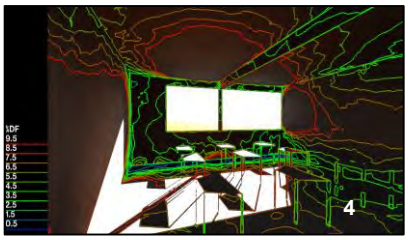
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de Invierno 4 PM**

1.- Sensación humana

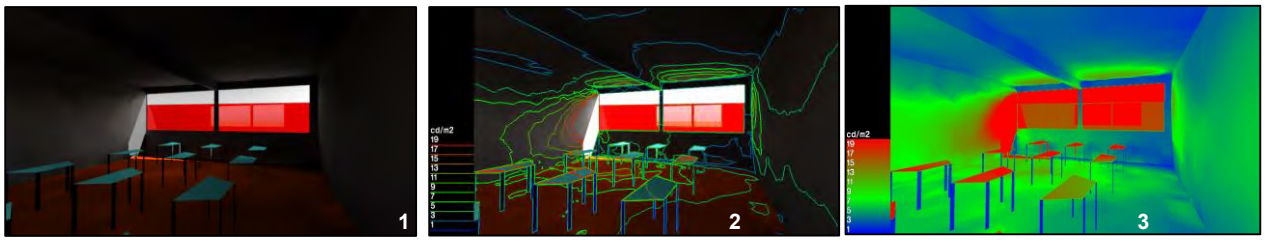
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

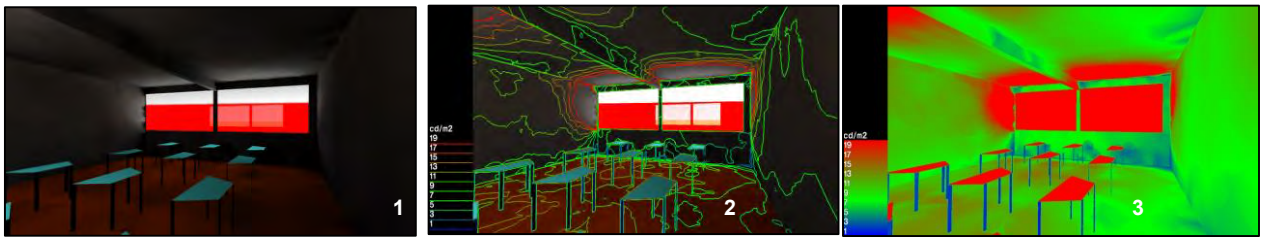
Uno de los aspectos fuertes de Radiance es que también considera aspectos de luminancia y de calidad visual del espacio, por lo tanto las imágenes a continuación muestran resultados en 3d de manera horaria estacional, en los renders posteriores muestra la cantidad de luz reflejada por cada superficie en la escena que ven las cámaras.

CAMARA 1 **Equinoccios 8 AM**



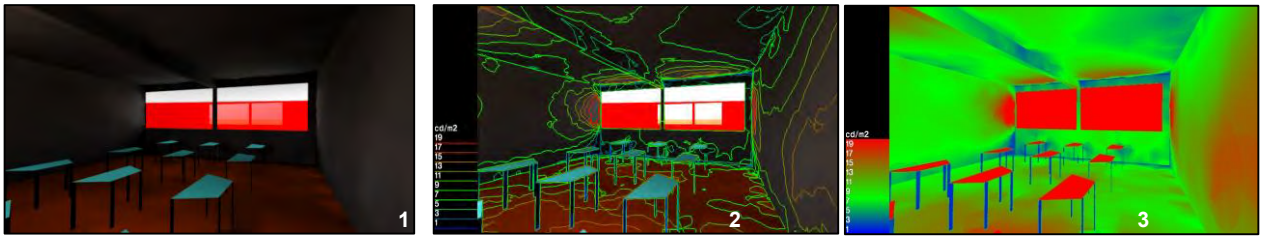
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**



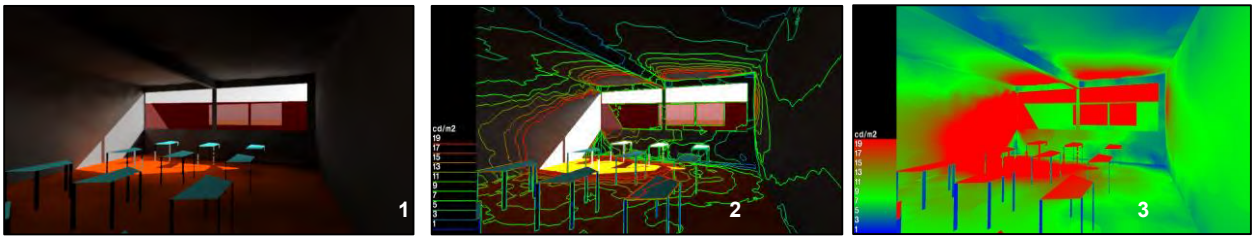
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Equinoccios 4 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

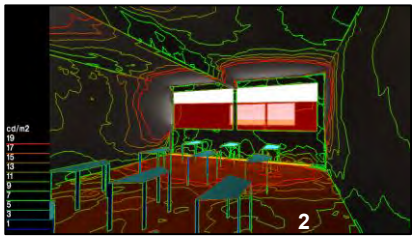
CAMARA 1 **Solsticio de verano 8 AM**



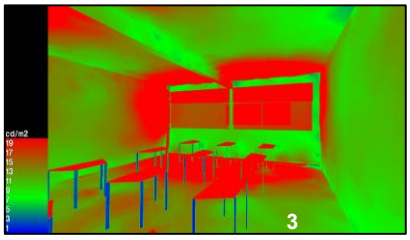
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



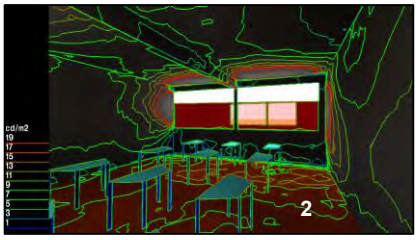
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



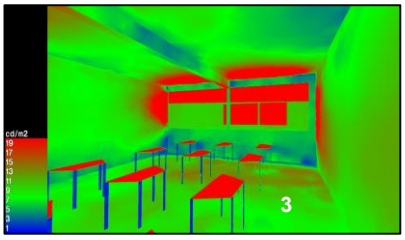
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 4 PM**

1.- Sensación humana



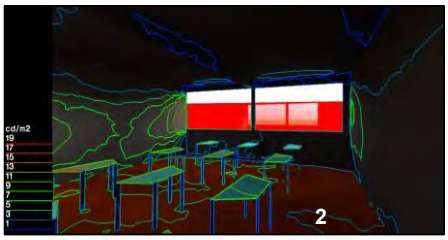
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



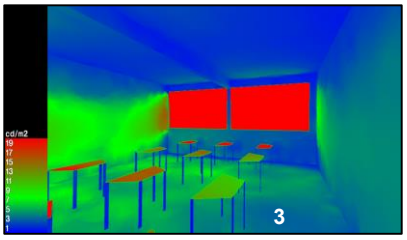
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 8 AM**

1.- Sensación humana



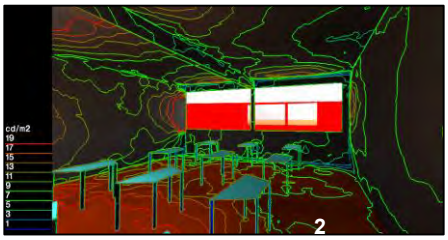
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



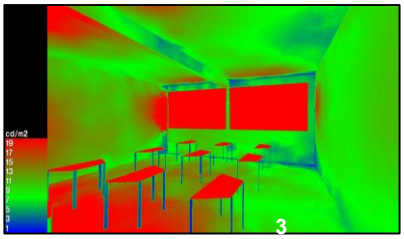
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



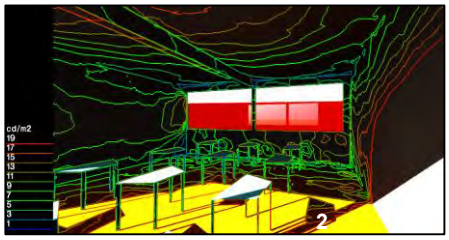
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



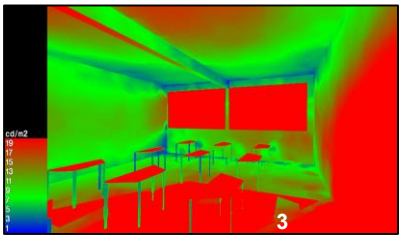
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 4 PM**

1.- Sensación humana



2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 8 AM**

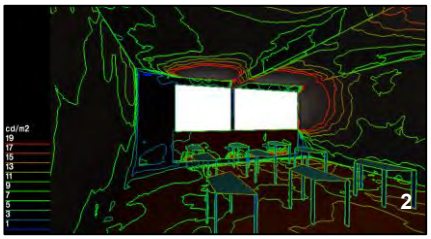
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2

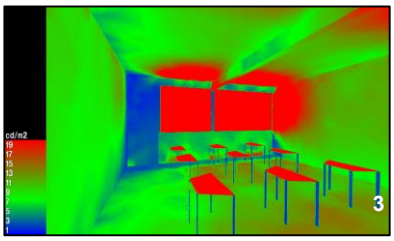
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana



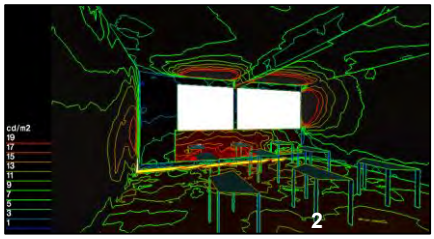
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



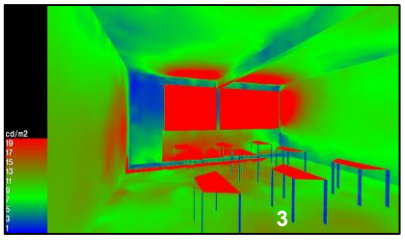
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 4 PM**

1.- Sensación humana



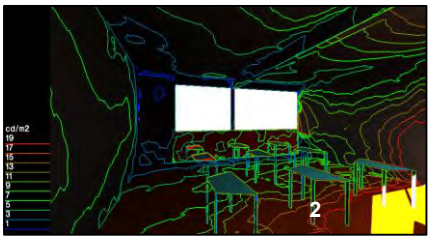
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



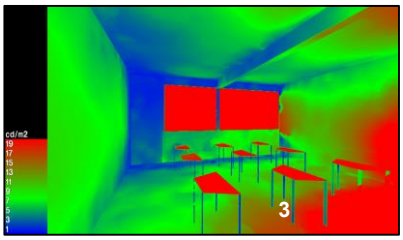
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 8 AM**

1.- Sensación humana



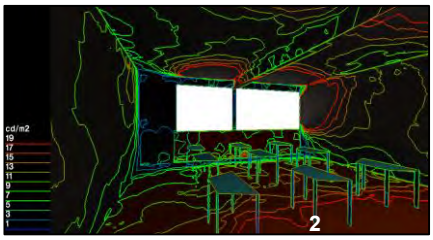
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



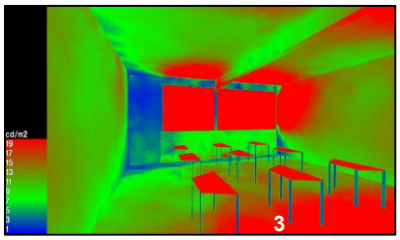
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2

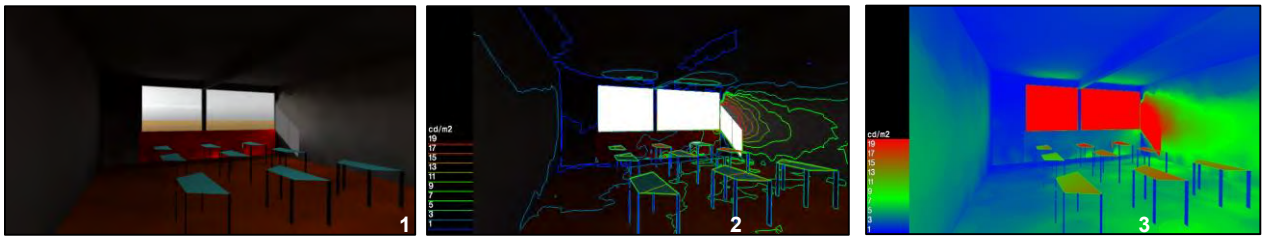


3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 4 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 8 AM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 4 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

7.8.4.1.3 DAYSIM 3.1

En este apartado nos enfocaremos a varios factores:

Daylight autonomy (DA): Representado como un porcentaje de horas anuales en que un punto dado en un espacio está por encima de un nivel de iluminación especificada (umbral). Se propuso originalmente por *Association Suisse des Electriciens* en 1989 y fue mejorado por *Christoph Reinhart*

entre 2001-2004. Es una innovación importante ya que considera la ubicación geográfica e información meteorológica específica sobre una base anual y también tiene el poder de relacionarse con el ahorro de energía de iluminación eléctrica si el umbral definido por el usuario se establece en base a criterios de iluminación eléctrica.

El usuario es libre de fijar el umbral a partir del cual se calcula el "Daylight autonomy". Para los gráficos siguientes, se seleccionó como umbrales 150, 300, 500 y 750 lux, esto en base a lo explicado en el capítulo 5 de reglamentación y normatividad en iluminación natural; se seleccionaron dichos valores debido a la variedad de niveles lumínicos sobre el plano de trabajo para este género de edificio. Por lo tanto los valores en las gráficas en por ciento (%) representan el porcentaje del salón que exceda esos umbrales (lux) a lo largo del año, es decir, será una muestra fiel y real de cuanta es la deficiencia lumínica que cuenta con las condiciones actuales en base a lo que marca la reglamentación.[19]

Continuous Daylight Autonomy (CDA): Zach Rogers propuso el (CDA) en 2006 como una modificación básica al anterior y se enfoca a valores por debajo del umbral definido por el usuario. Si se especificaron 300 lux como umbral DA y un punto específico supero 300 lux en un 50% del tiempo sobre una base anual, entonces el CDA300 podría dar lugar a un valor aproximado de 55 a 60% o más. Por ejemplo, digamos un determinado punto de la malla interior tiene 150 lux debido a la luz del día en un intervalo de tiempo dado, DA300 daría 0 % para ese intervalo de tiempo, mientras que CDA300 daría 150/300 = 0.5 % para ese paso del tiempo. [20]

**** Useful Daylight Illuminance (UDI):*** Se conoce como el índice útil de iluminancia y es una modificación del DA concebido por Mardaljevic y Nabil en 2005. Este valor esta en base a tres rangos de iluminación, 0-100 lux, 100-2000 lux, y más de 2000 lux. Para el caso de valores entre 100 lux y 2000 lux se consideran útil al ser humano y los que estén fuera de este rango no lo son. Existe un importante debate sobre la selección de 2000 lux como un "umbral superior 'por encima del cual la luz del día no se desea debido al deslumbramiento o sobrecalentamiento potencial. [21]

* **Daylight Factor (DF):** El factor de luz de día muy usado es una proporción que representa la cantidad de iluminación interior con relación a la exterior en el mismo tiempo desarrollada a principios del siglo 20 de forma independiente por AP Trotter y Percy J. Waldram.[22]

Una vez explicados los resultados que nos arroja Daysim en base al modelo de Ecotect se presentan los siguientes resultados en base a los 4 umbrales establecidos (150, 300, 500 y 750 lux).

---

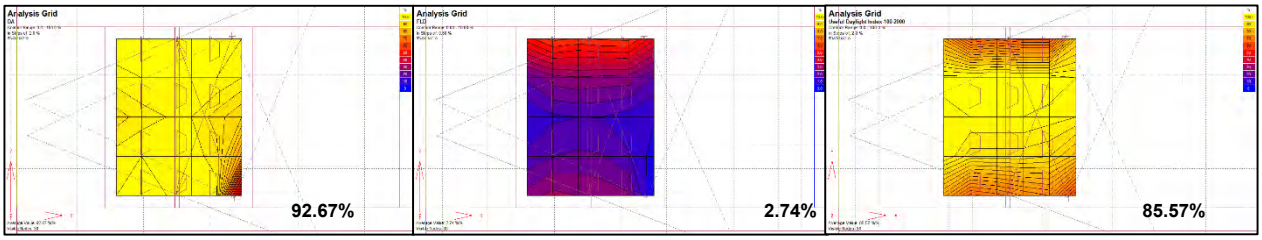
[19] Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. Leukos, 3(1), 7-31.

[20] Nabil A, & Mardaljevic J. (2005a). Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm to Access Daylight in Buildings. Lighting Research & Technology, 37(1), 41-59.

[21] Nabil A, & Mardaljevic J. (2005b). Useful Daylight Factors. Energy and Buildings, 38(7).

[22] The Natural and Artificial Lighting of Buildings, The Journal of the Royal Institute of British Architects, Vol. XXXII, No. 13, pp. 405-426 and 441-446).

***Umbral 150 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Descripción del Sitio: El edificio investigado se encuentra en las coordenadas (19,40 N / 99.10 W). El horario de verano dura desde el 1 de abril a octubre 31.

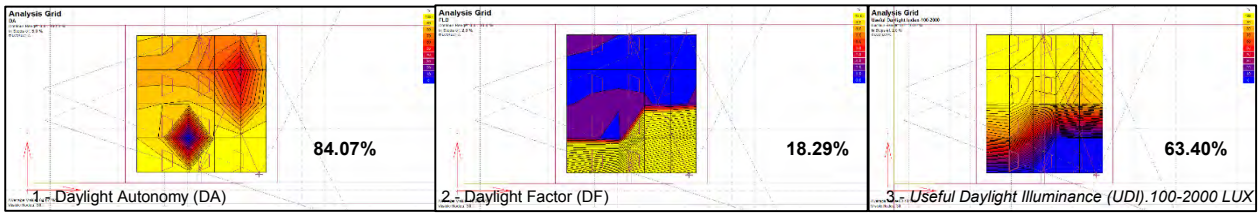
Descripción de uso: La zona está ocupada de lunes a viernes de 8:00 a 16:00. El ocupante sale del espacio tres veces durante el día (30 minutos en la mañana, 30 minutos hora al mediodía, y 30 minutos de la tarde). Las horas totales anuales de ocupación en el lugar de trabajo son 1581. El ocupante realiza una tarea que requiere un nivel de iluminación mínima de 150 lux (Umbral definido en esta ocasión). El espacio no cuenta con ningún sistema y/o dispositivo de sombreado dinámico instalado.

Daylight Factor (DF): El 60% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 37% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 38%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 51%. **Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax:** El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

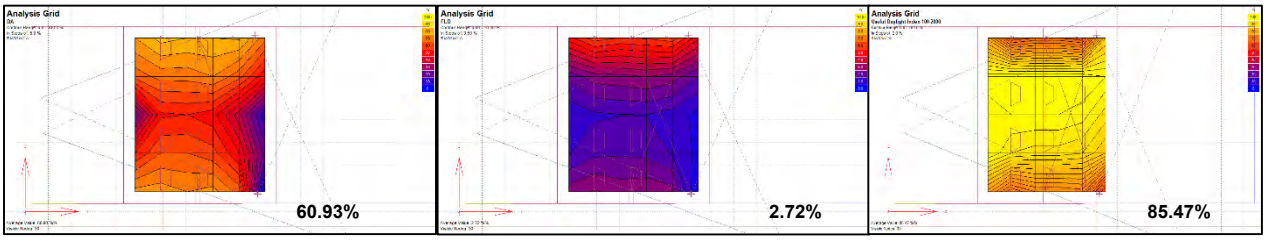
Daylight Factor (DF): El 57% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 60%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 40%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 93% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 87%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 41%, UDI100-2000 = 9%, UDI> 2000 = 50%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 80% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

7.8.4.1.4 CONCLUSIONES DE CASO BASE

Una herramienta muy útil y fácil de utilizar es sin duda Ecotect con sus plugin correspondientes, tanto en la manipulación, manejo y presentación y conclusión de resultados, una conclusión hasta ahora es que existen variaciones de este apartado con el del modelo físico tridimensional, es decir, una desventaja de la utilización de los programas elegidos radica en que casi todos ellos impiden conocer a detalle los algoritmos y/o variables a partir de los cuales se generan los resultados.

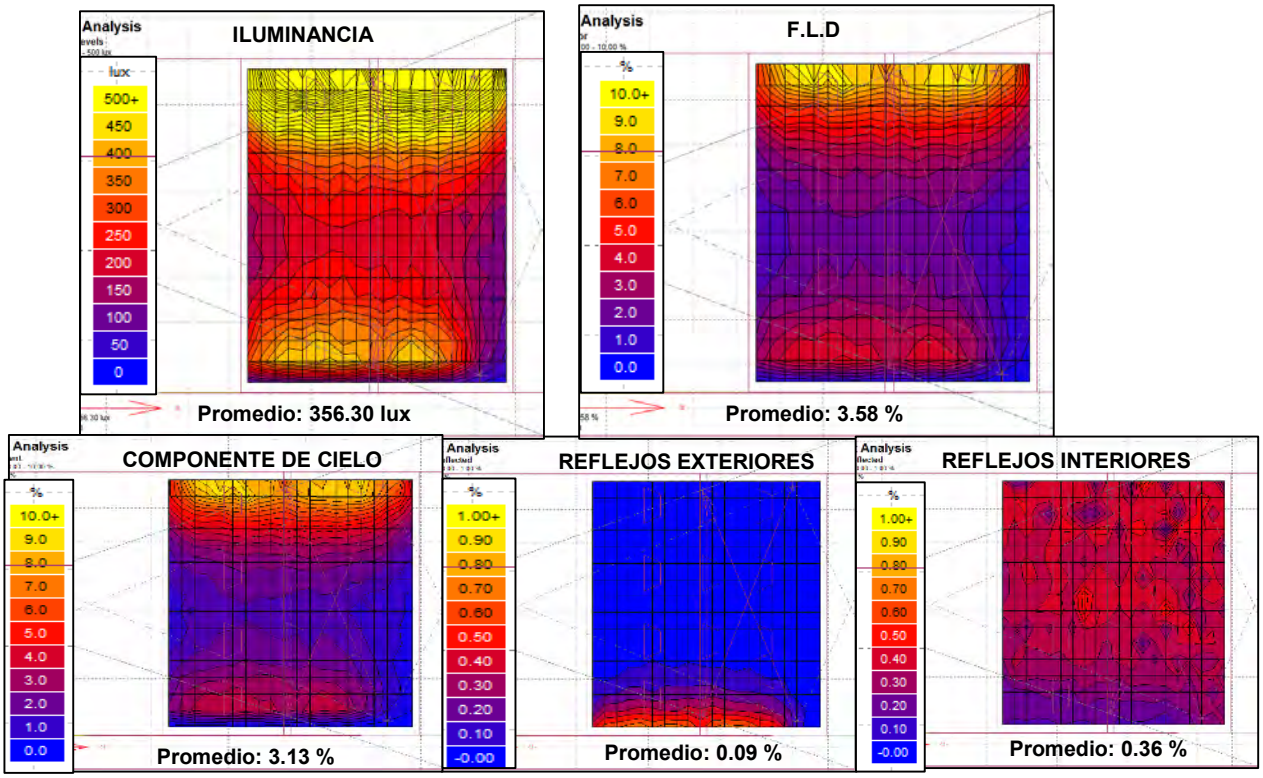
7.8.4.2 FACTOR TRANSMITANCIAS

Las transmitancias de un cristal determinan en qué medida la luz diurna y el calor es introducido a cualquier espacio y por ello como en el apartado experimental se hará la evaluación pertinente con los softwares de los tres tipos de cristales, claro con una transmitancia del 87.8 %, Duovent clásico claro con 72 % y reflectasol con 30.4 %.

7.8.4.2.1 ECOTECT ANALYSIS 2011

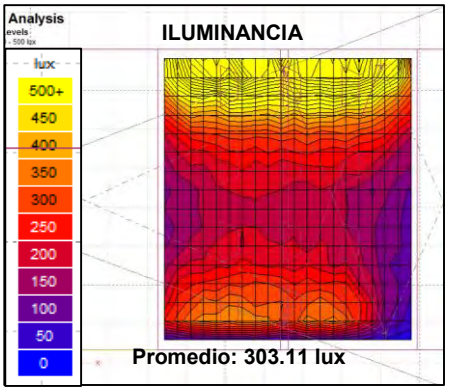
Cristal claro

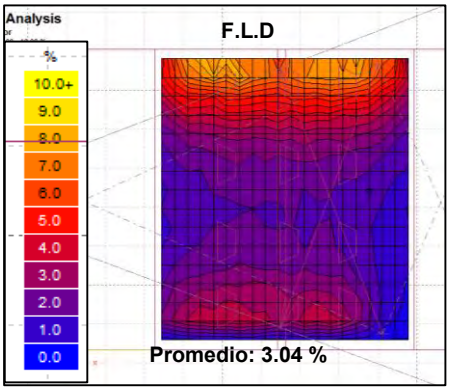
Bajo las mismas condiciones del espacio solo se cambió la transmitancia de acuerdo al fabricante en el medio digital y se presentan a continuación resultados numéricos de iluminancia, factor de luz de día, componente de cielo, reflexiones interiores y exteriores.

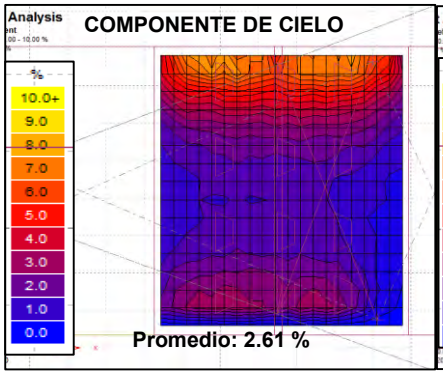


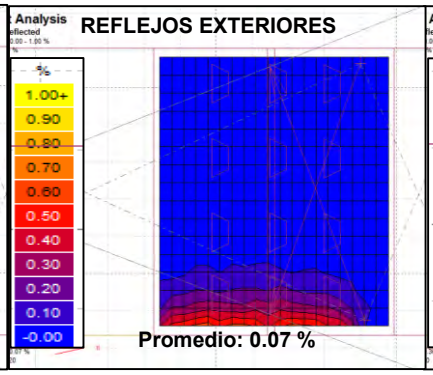
Es evidente que la transmitancia juega un papel determinante en la cantidad de luz dentro del espacio pues sus niveles sobrepasan los 300 lux de normatividad para el género de edificio, sin embargo, hay que tener muy en cuenta que el calor ingresado al espacio está en proporción al resultado y es digno de tenerlo en cuenta.

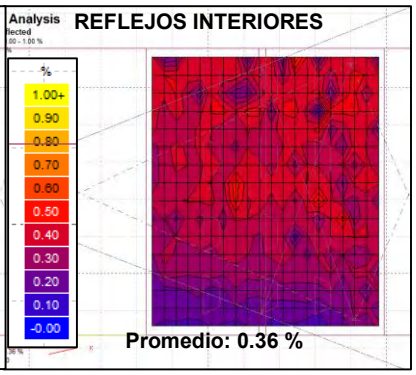
Cristal Duovent clásico claro



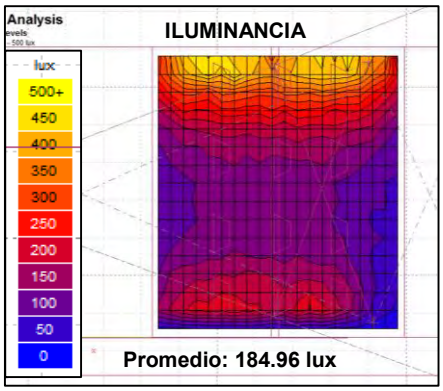


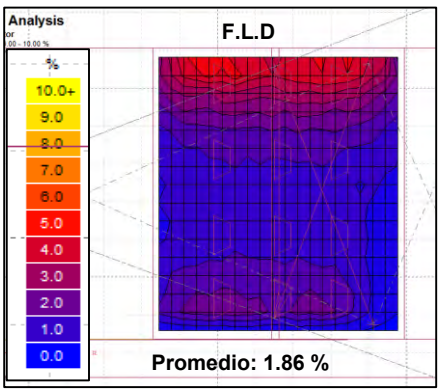


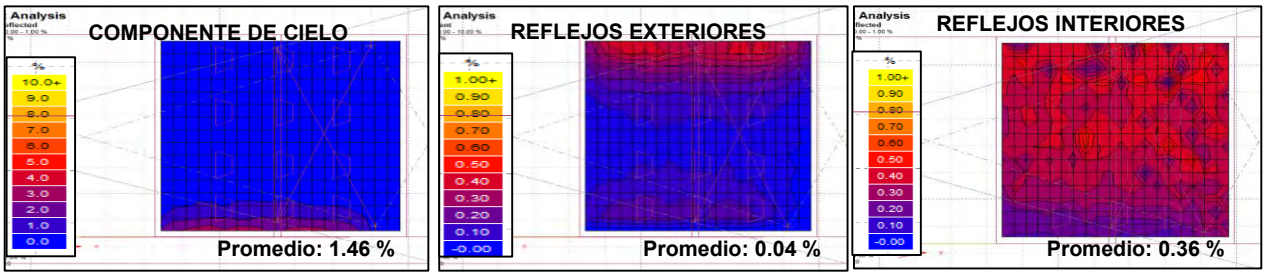




Cristal reflectasol



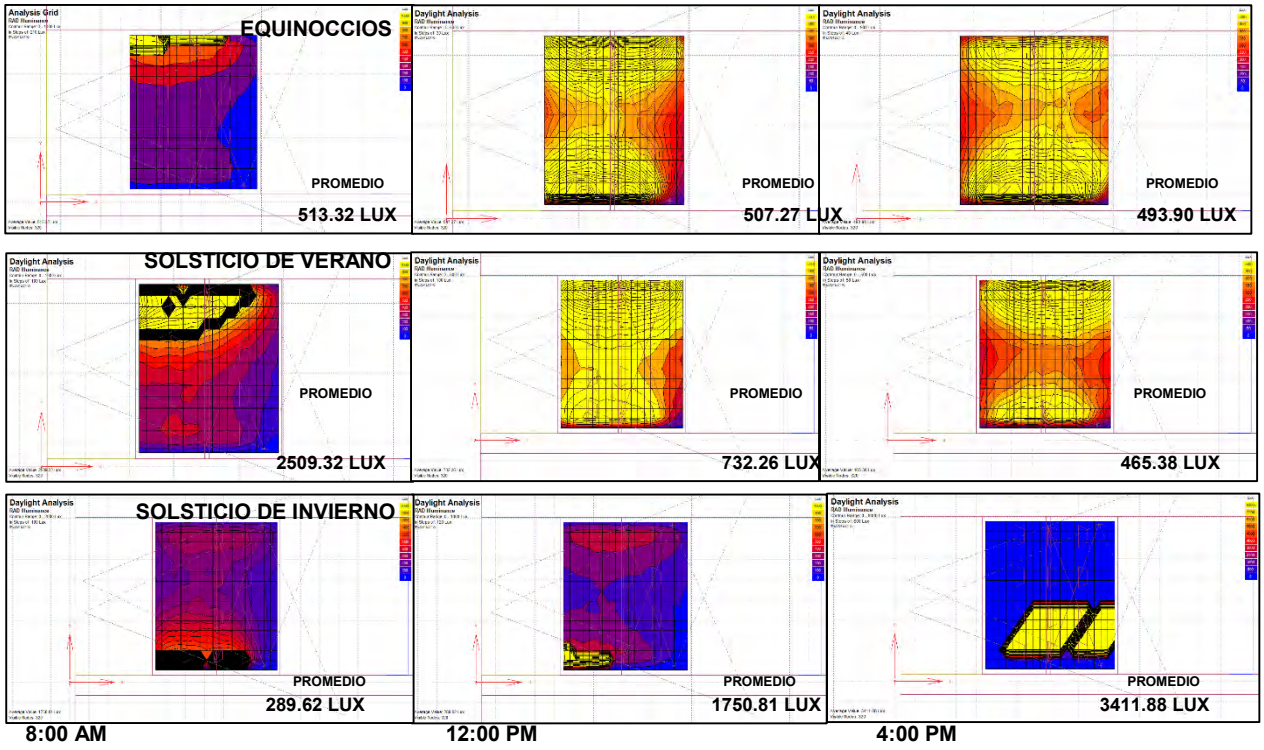




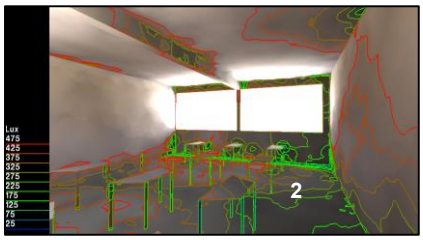
7.8.4.2.2 RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA

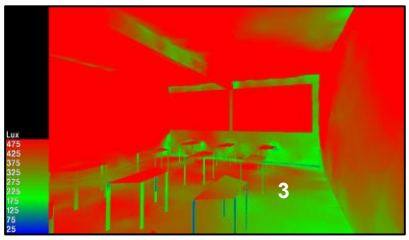
Cristal claro

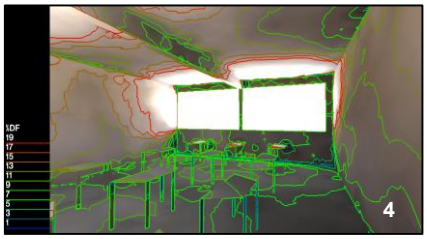
A continuación los resultados del análisis 2d sobre el plano de trabajo de manera estacional y horaria en valores absolutos-iluminancias.



Apoyándonos del modelo de Ecotect se muestran de igual forma los renders en 2 cámaras de ambas fachadas para obtener resultados amplios y nos permita visualizar correctamente este primer cristal. Es necesario aclarar que el análisis horario y por estación completo se puede consultar en el archivo digital entregado del proyecto de investigación donde se pueden observar de manera más amplia todas aquellas imágenes y gráficos que competen el estudio. A continuación se presentan los renders a las 12 PM en todas las estaciones y para ambas cámaras.







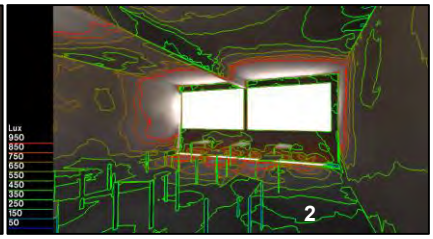
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

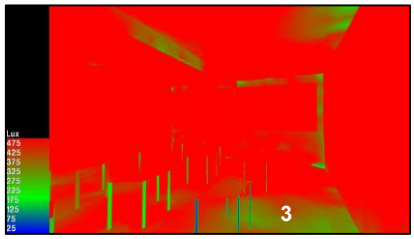
1.- Sensación humana

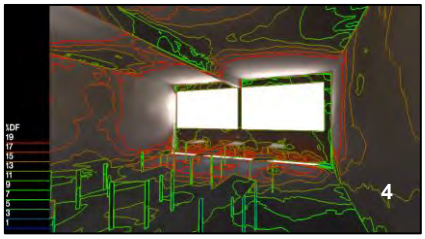
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







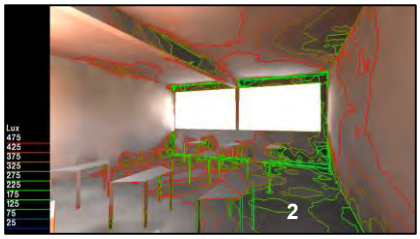
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

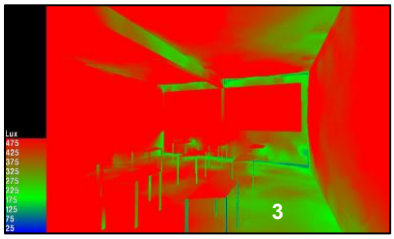
1.- Sensación humana

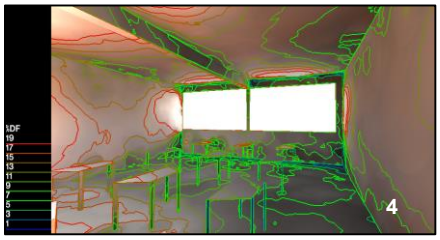
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







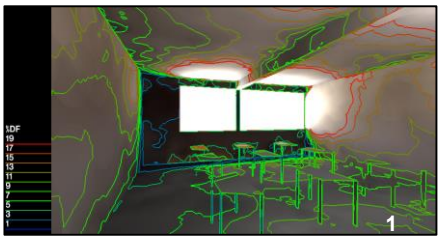
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

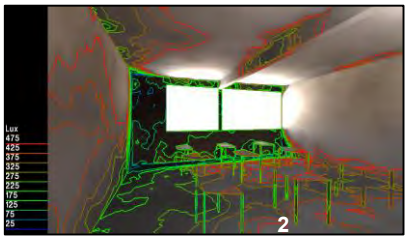
1.- Sensación humana

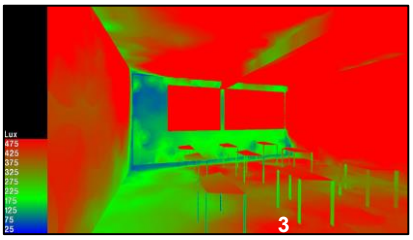
2.-Curvas de nivel de iluminancia

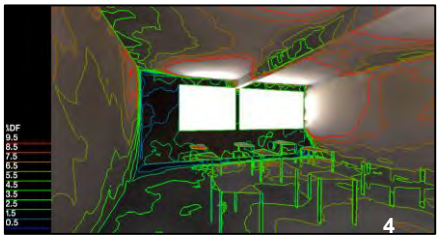
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D









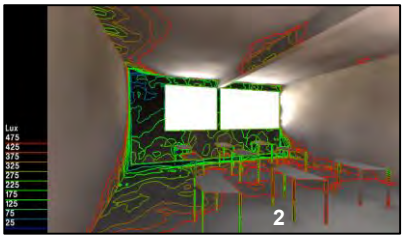
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

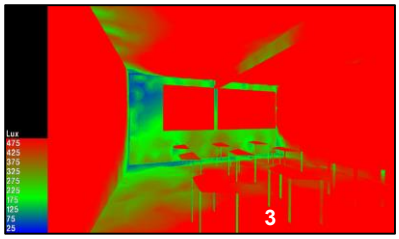
1.- Sensación humana

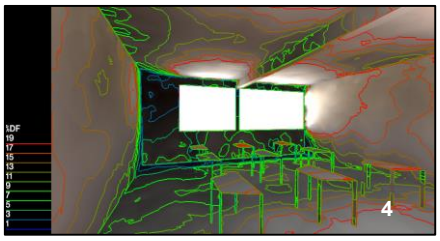
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







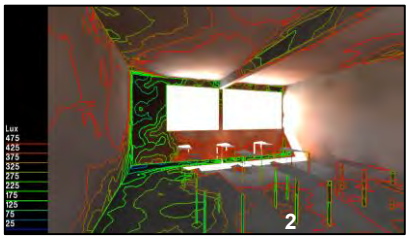
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

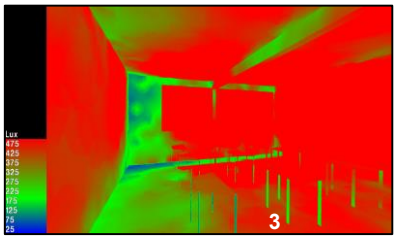
1.- Sensación humana

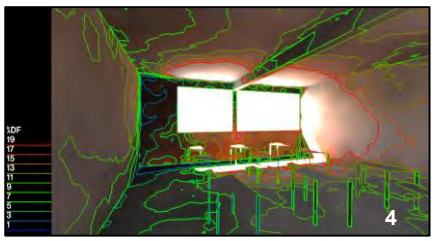
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

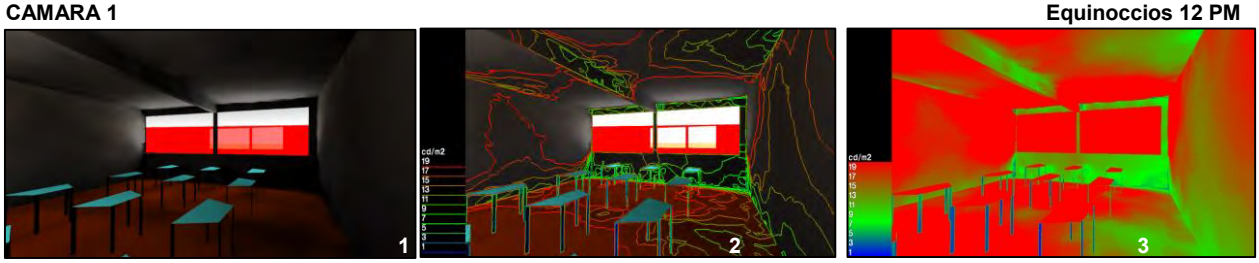
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

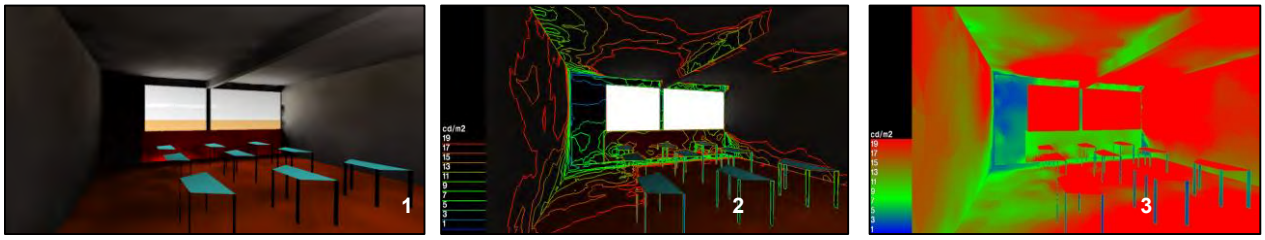
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

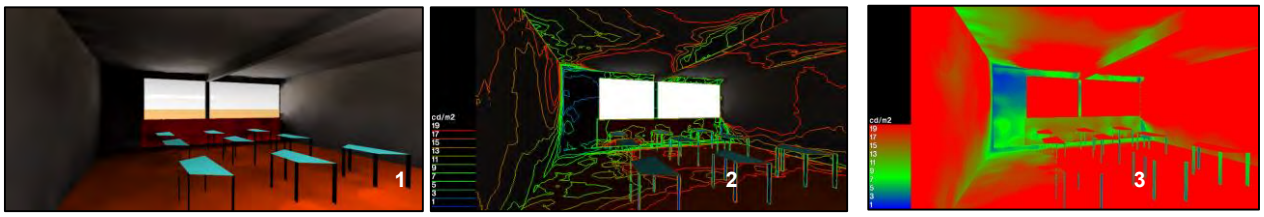
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**



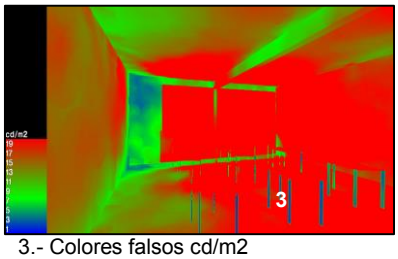
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

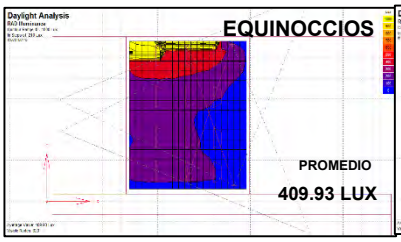
CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

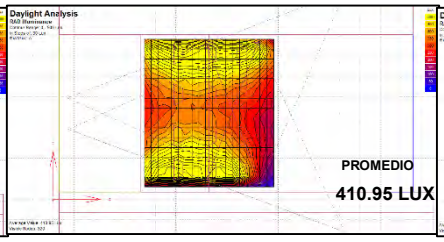


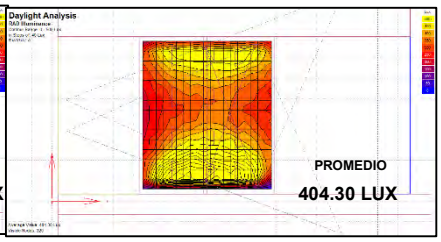
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

Cristal Duovent clásico claro

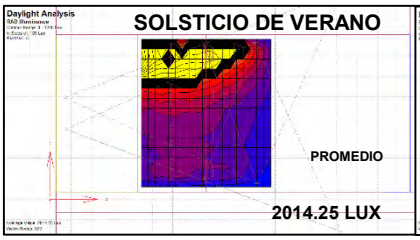
***Iluminancia**

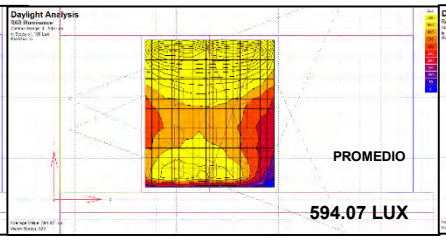


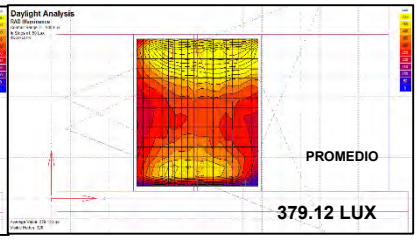




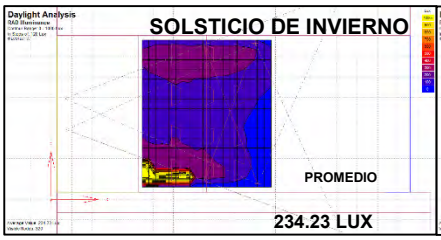
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

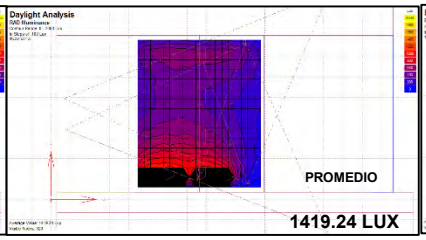


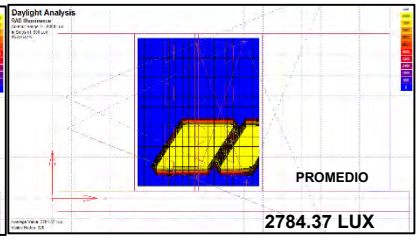




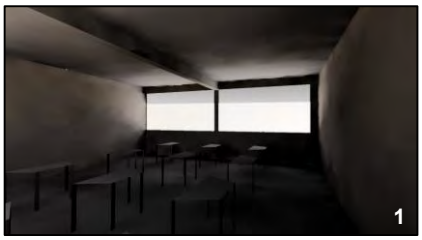
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

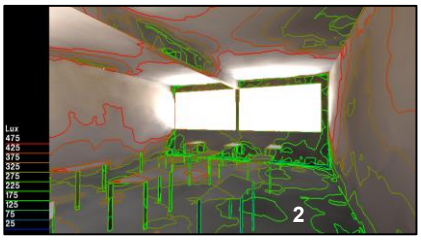


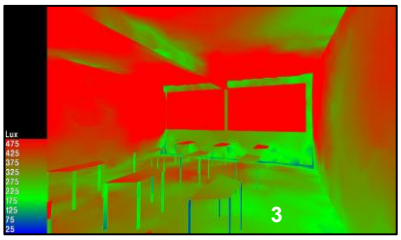


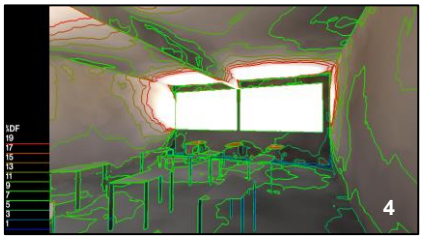


8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**









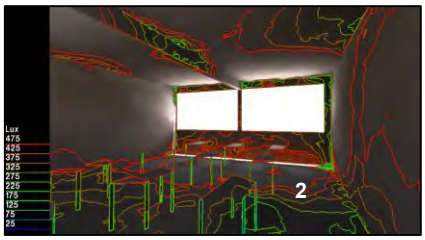
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

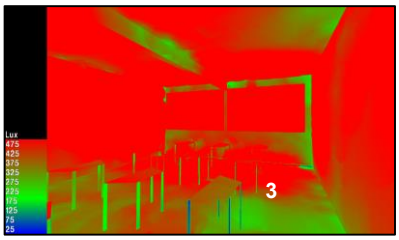
1.- Sensación humana

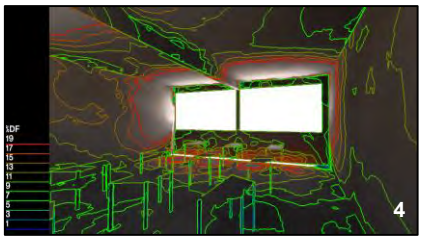
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







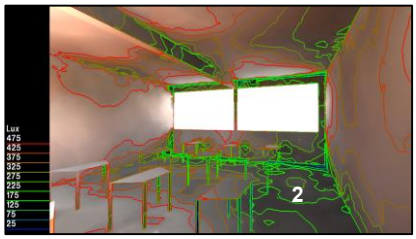
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

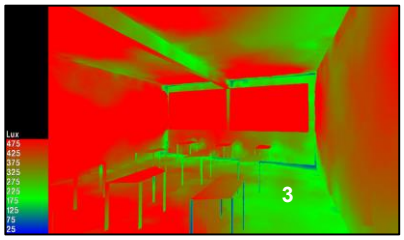
1.- Sensación humana

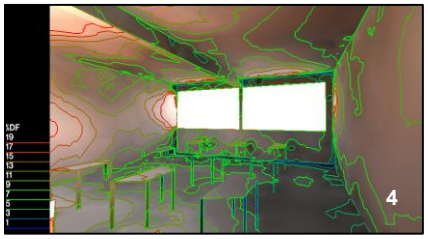
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







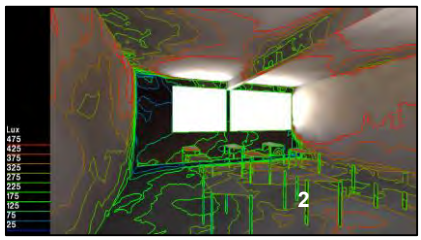
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

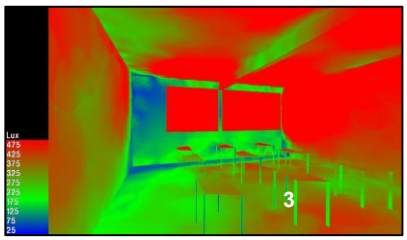
1.- Sensación humana

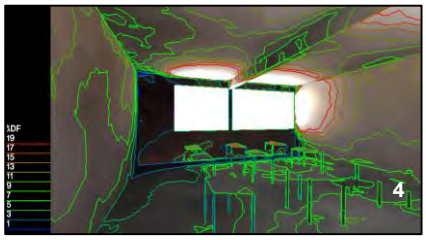
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







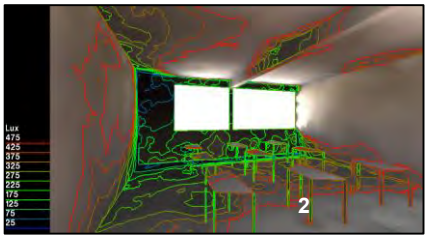
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

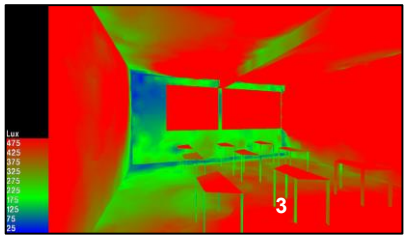
1.- Sensación humana

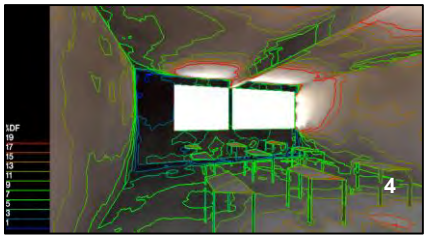
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







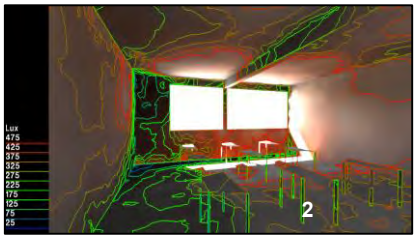
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

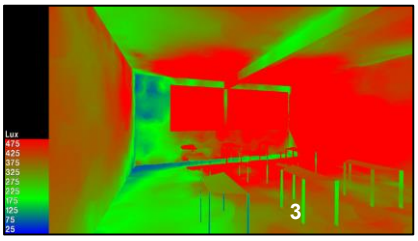
1.- Sensación humana

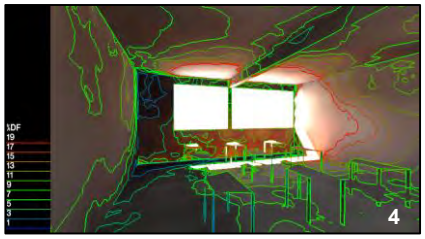
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

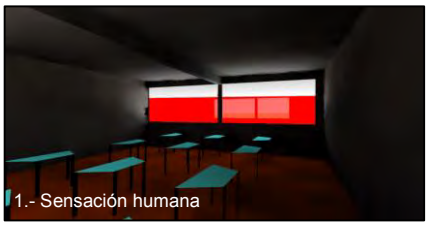
2.-Curvas de nivel de iluminancia

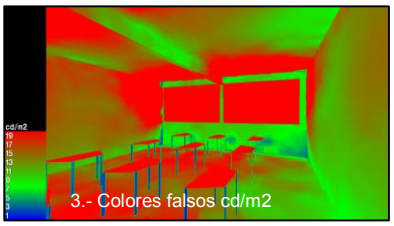
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

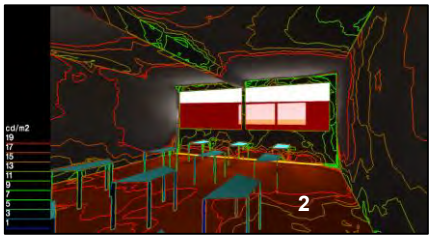
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**



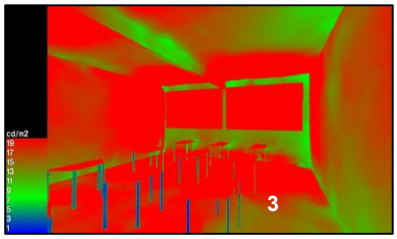


CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



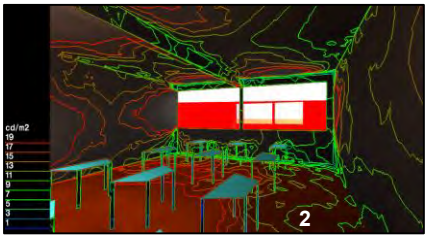
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



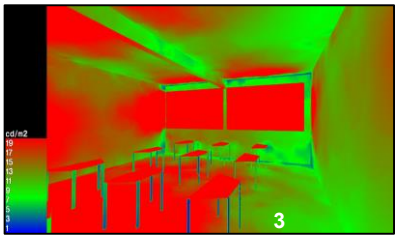
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



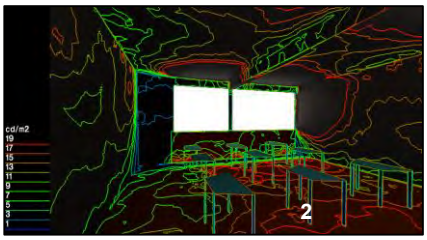
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



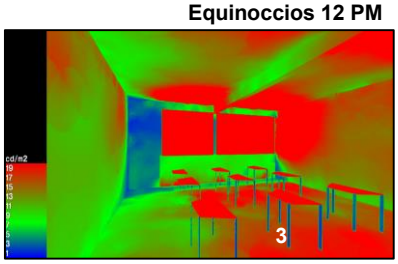
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana

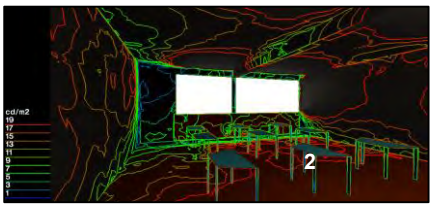


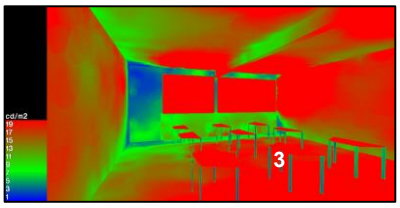
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



3.- Colores falsos cd/m2

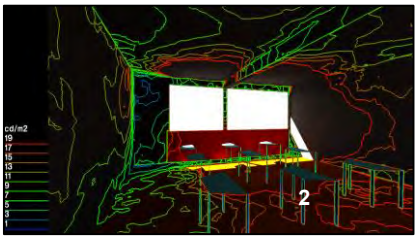
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**



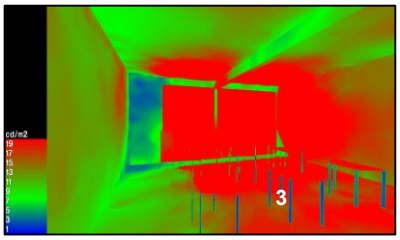


CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



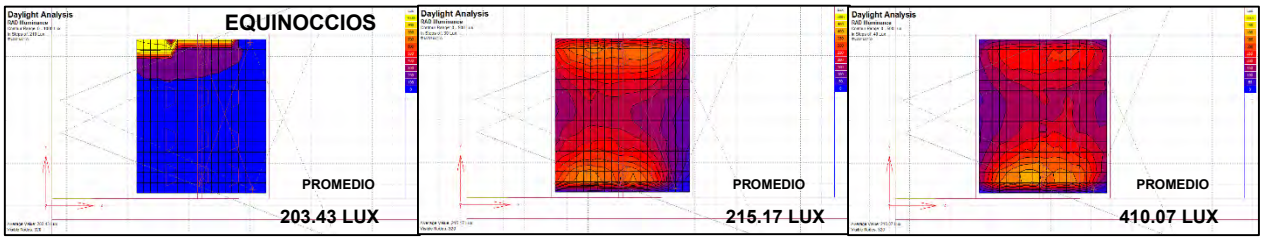
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



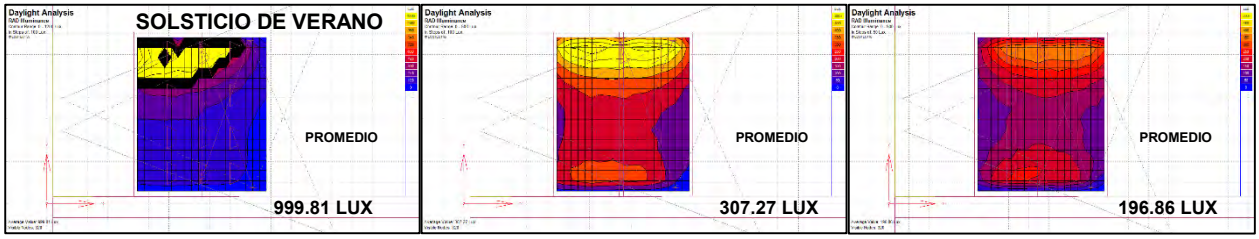
3.- Colores falsos cd/m2

Cristal Reflectasol

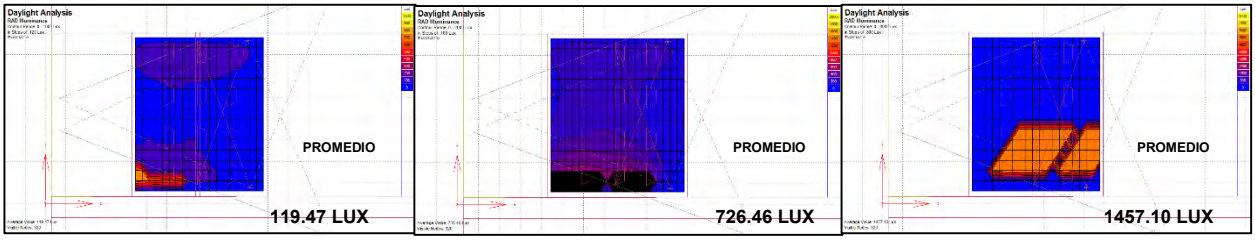
*Iluminancia



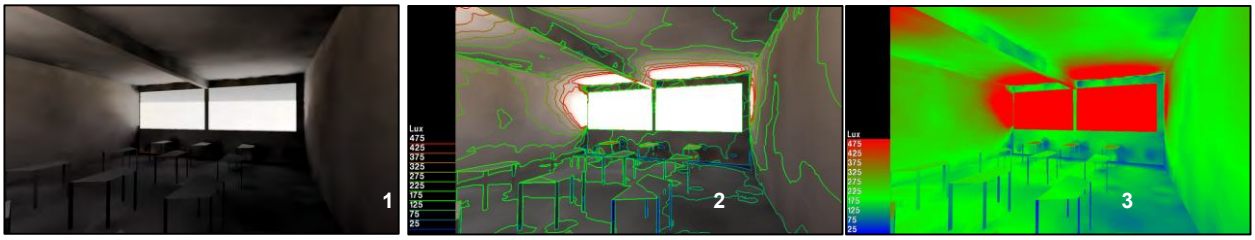
8:00 AM 12:00 PM 4:00 PM

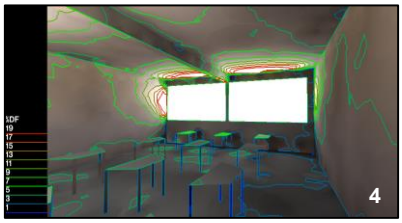


8:00 AM SOLSTICIO DE INVIERNO 12:00 PM 4:00 PM



8:00 AM 12:00 PM 4:00 PM





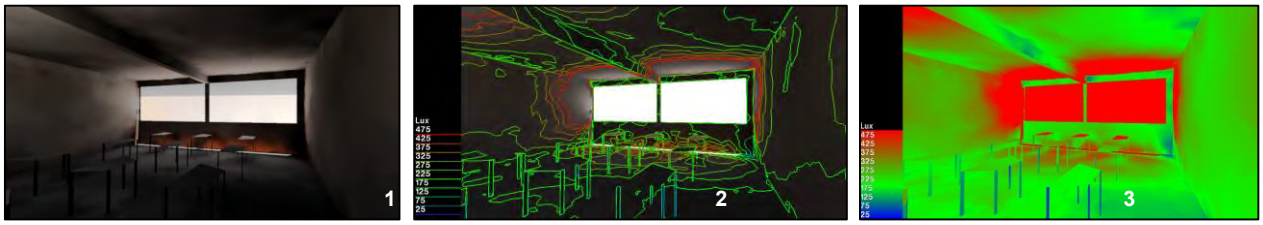
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D



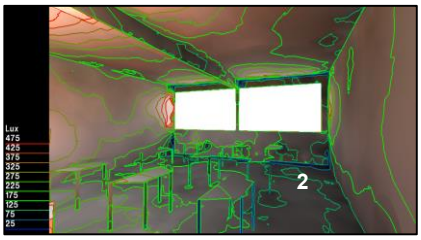
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

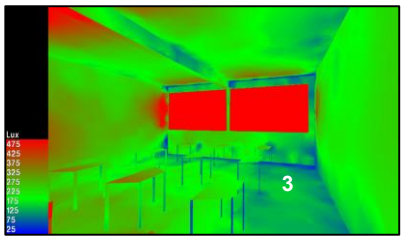
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





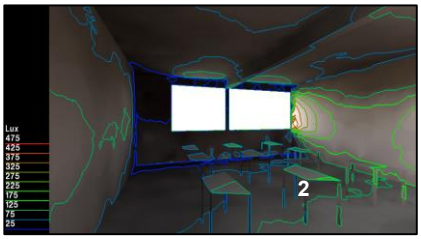
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

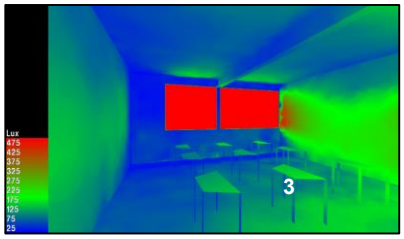
1.- Sensación humana

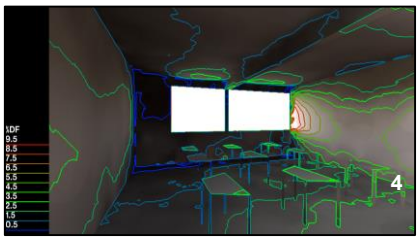
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







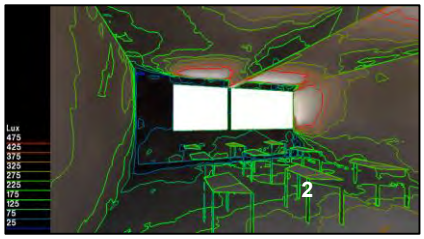
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

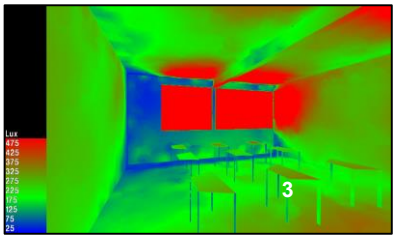
1.- Sensación humana

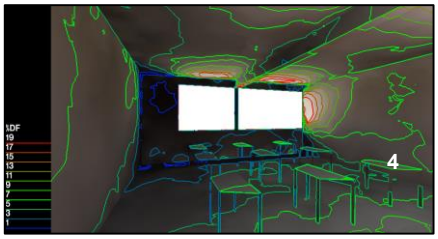
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







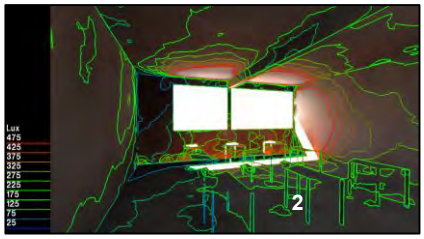
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

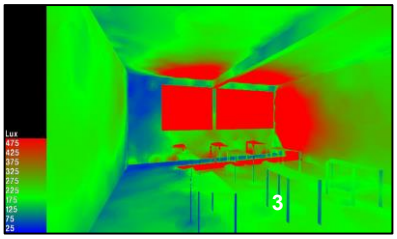
1.- Sensación humana

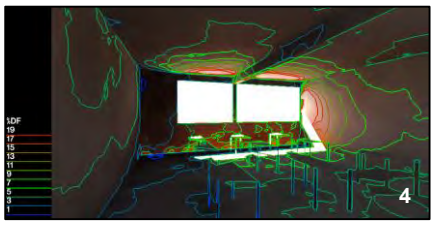
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

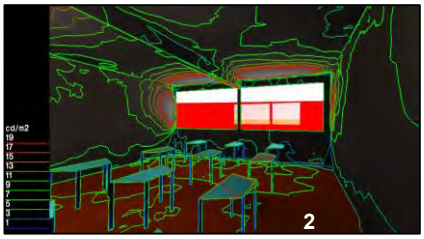
2.-Curvas de nivel de iluminancia

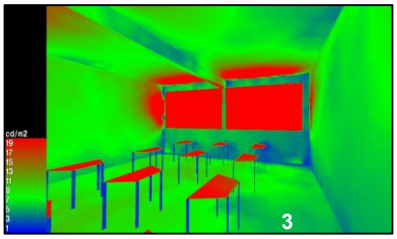
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

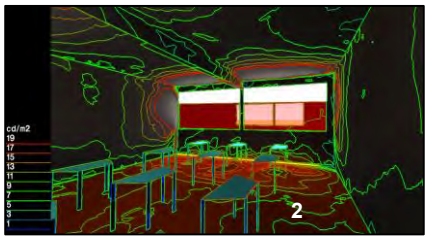
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

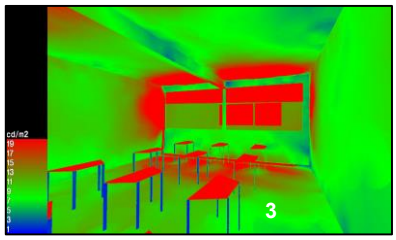




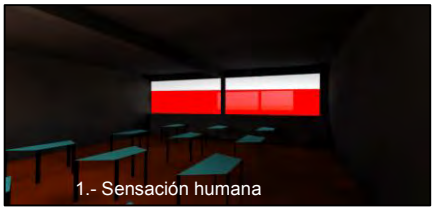
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

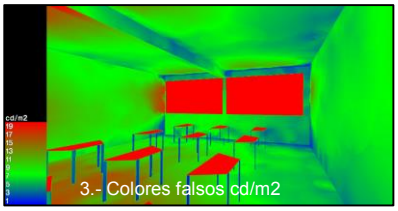
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**



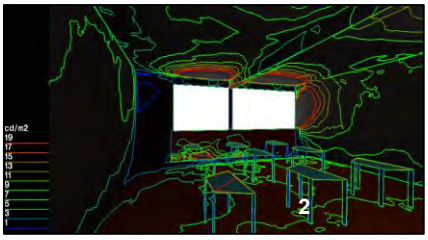


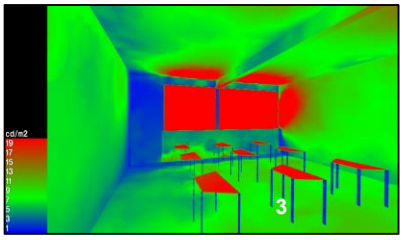
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**





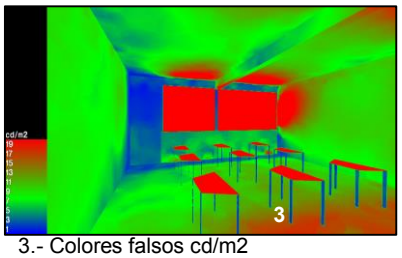
CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**





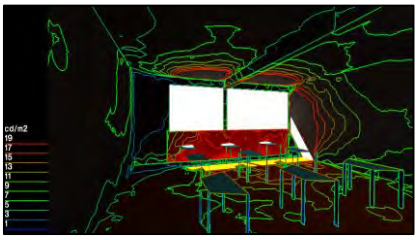
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

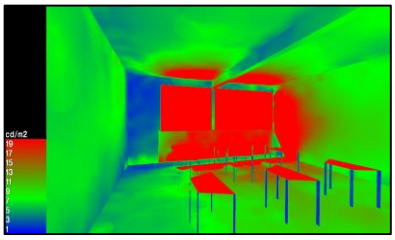
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**



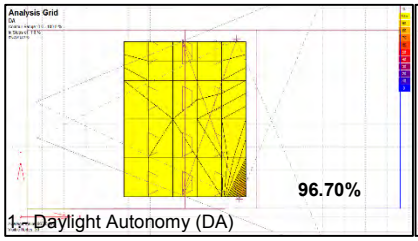


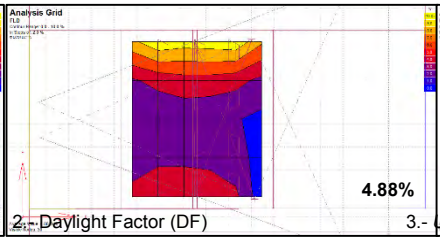
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

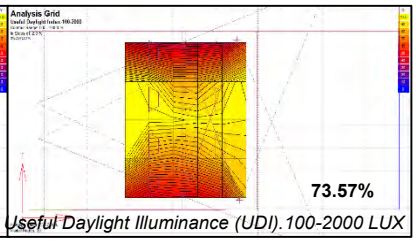
7.8.4.2.3 DAYSIM 3.1

Cristal claro

***Umbral 150 lux**







1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

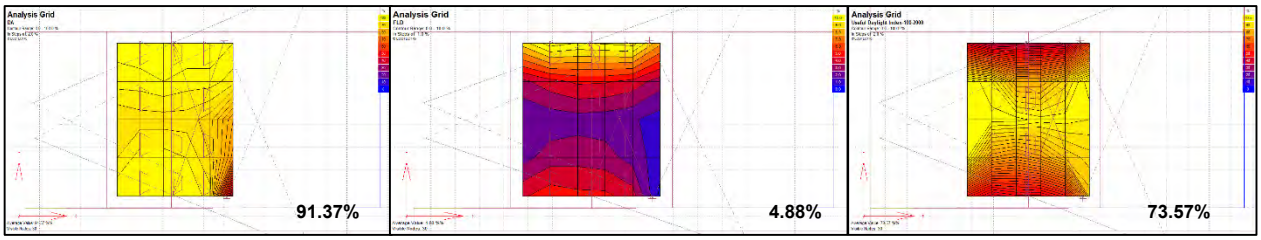
Daylight Factor (DF): El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 76% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 15%, UDI100-2000 = 9%, UDI> 2000 = 75%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 87% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

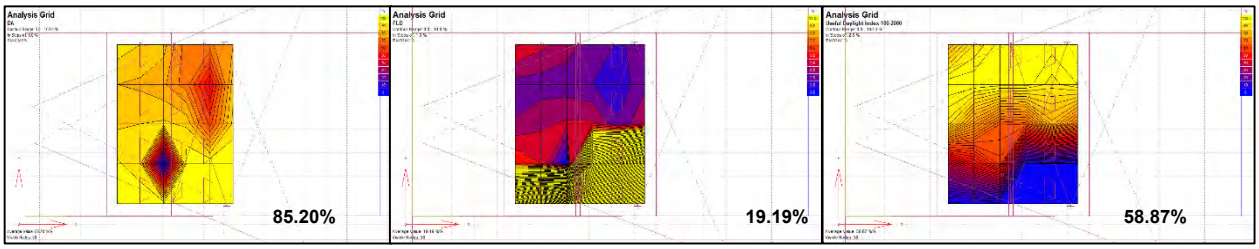
Daylight Factor (DF): El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 35% y 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 15%, UDI100-2000 = 9%, UDI> 2000 = 75%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 87% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

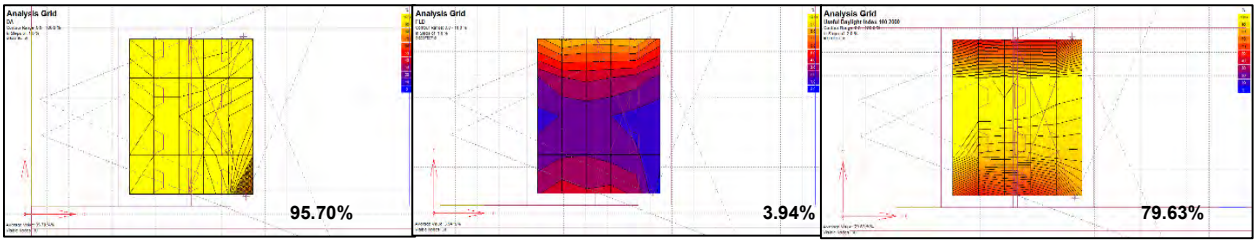
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 39%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 61%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Cristal Duovent clásico claro

***Umbral 150 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

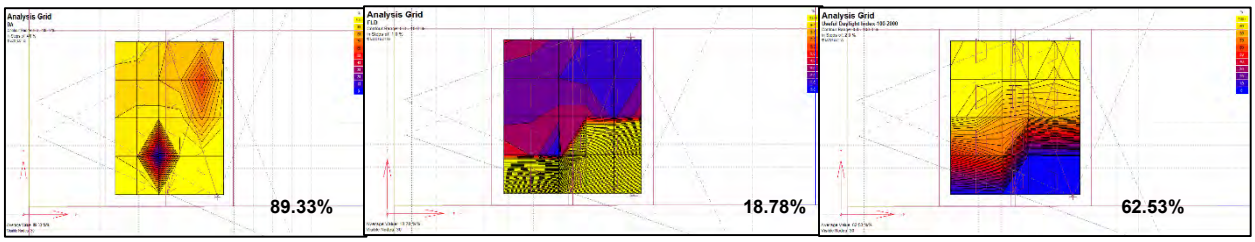
Daylight Factor (DF): El 83% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 63% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 19%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 70%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 70% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

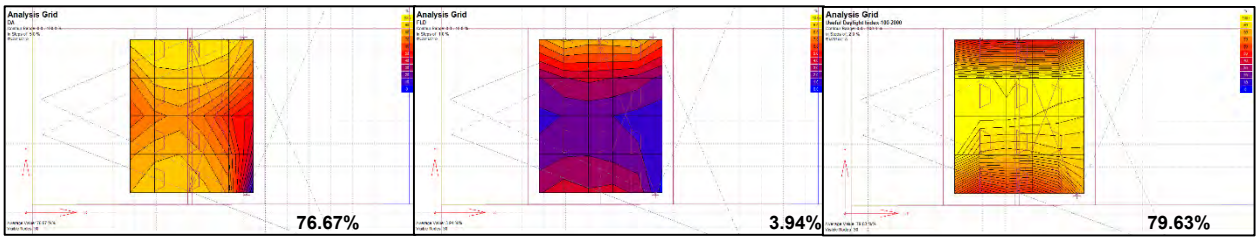
Daylight Factor (DF): El 73% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 31%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 69%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 47% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 83% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

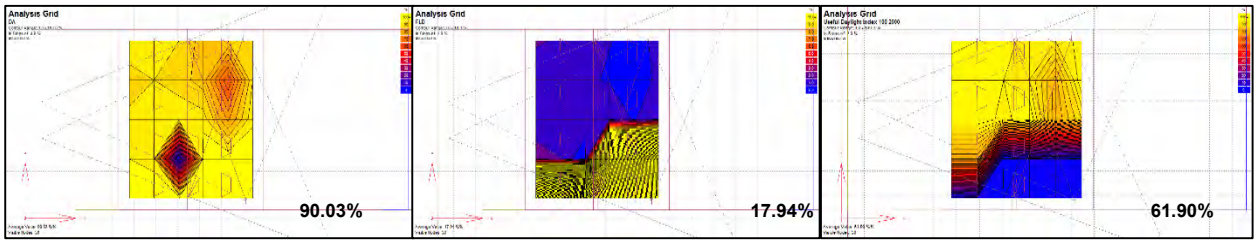
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 6% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 19%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 70%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 23% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Cristal reflectasol

***Umbral 150 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

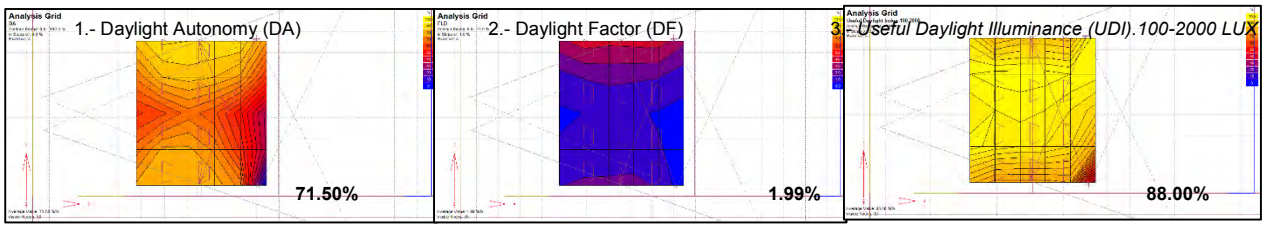
Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 37% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 100%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 0%. **Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax:** El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



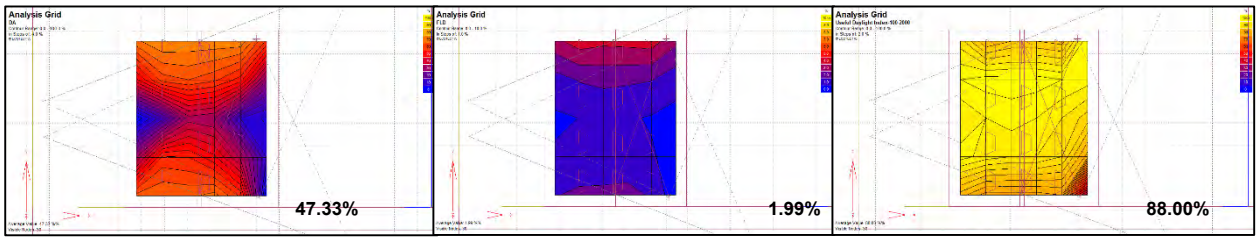
Daylight Factor (DF): El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 93%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 65%, UDI100-2000 = 18%, UDI> 2000 = 17%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 76%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 65%, UDI100-2000 = 18%, UDI> 2000 = 17%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 87% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

7.8.4.1.4 CONCLUSIONES DE FACTOR TRANSMITANCIAS

Una de las ventajas en el manejo de todas estas herramientas es la facilidad de la interpretación de sus resultados puesto que de manera muy gráfica tanto en 2d como 3d podemos tener una idea clara del comportamiento lumínico, tanto a nivel de iluminancia como luminancia y calidad visual. Queda claro que comparado con el caso base el factor transmitancias (mejor caso) puede incrementar en un 60% sus niveles lumínicos, con el cristal Duovent (caso promedio) aumentar un 40% y con el peor caso reducir incluso un 80 % mientras que de acuerdo a la simulación arrojada por Daysim, solo para los mejores casos (cristal claro y Duovent) bajo esas condiciones lumínicas, el espacio calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

7.8.4.3 FACTOR REFLECTANCIAS

Las combinaciones hechas en la parte experimental se harán también el análisis correspondiente en los medios digitales (Figura 378).

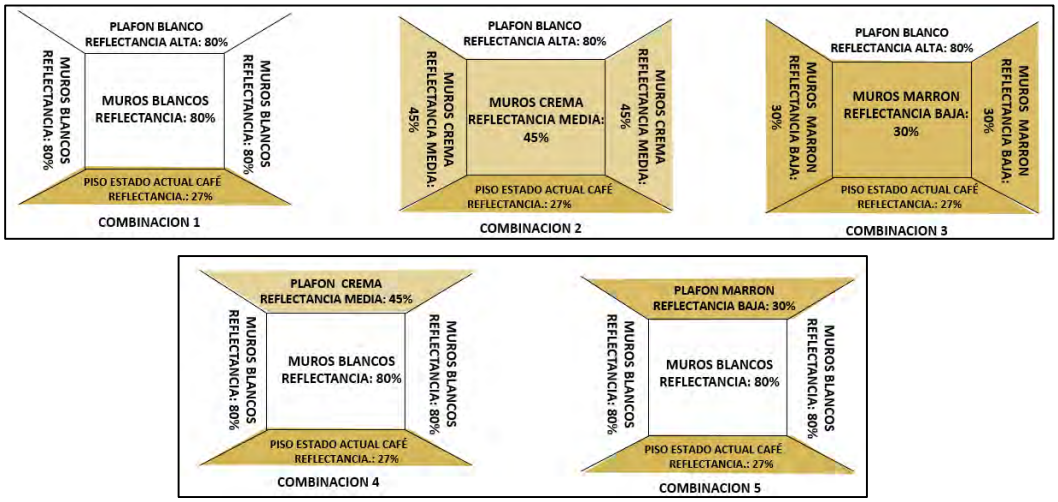
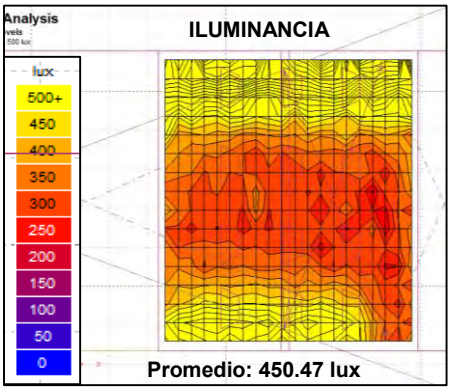
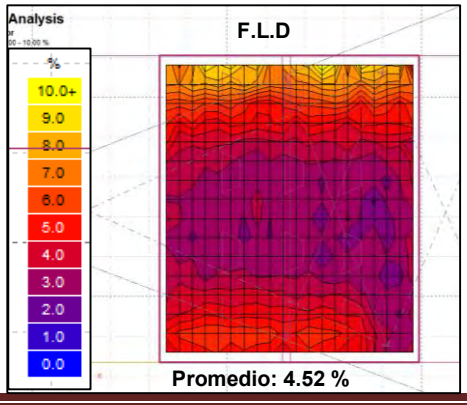


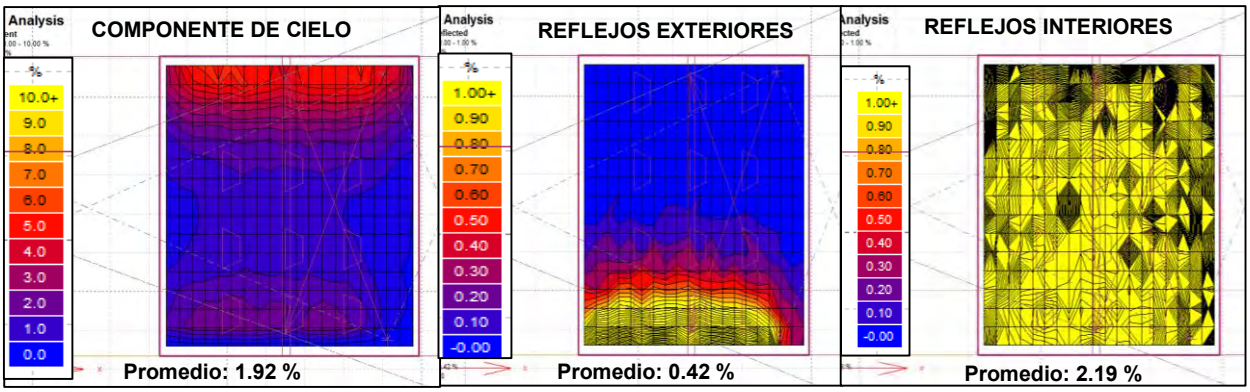
Figura 378. Combinaciones realizadas

7.8.4.3.1 ECOTECT ANALYSIS 2011

Combinación 1





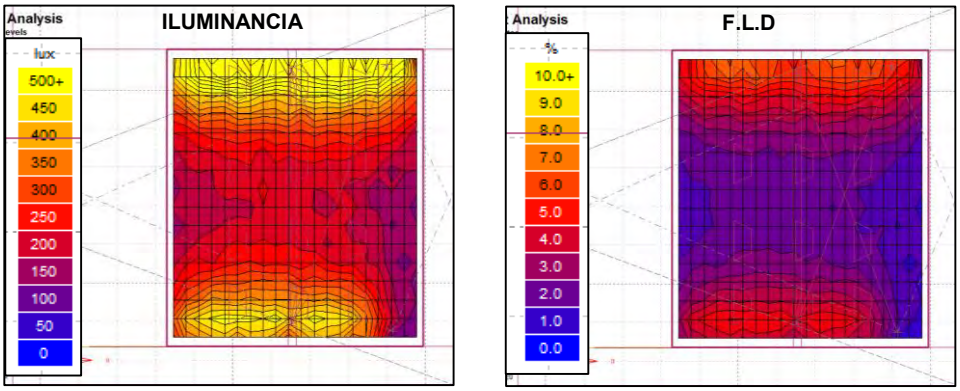


Promedio: 1.92 %

Promedio: 0.42 %

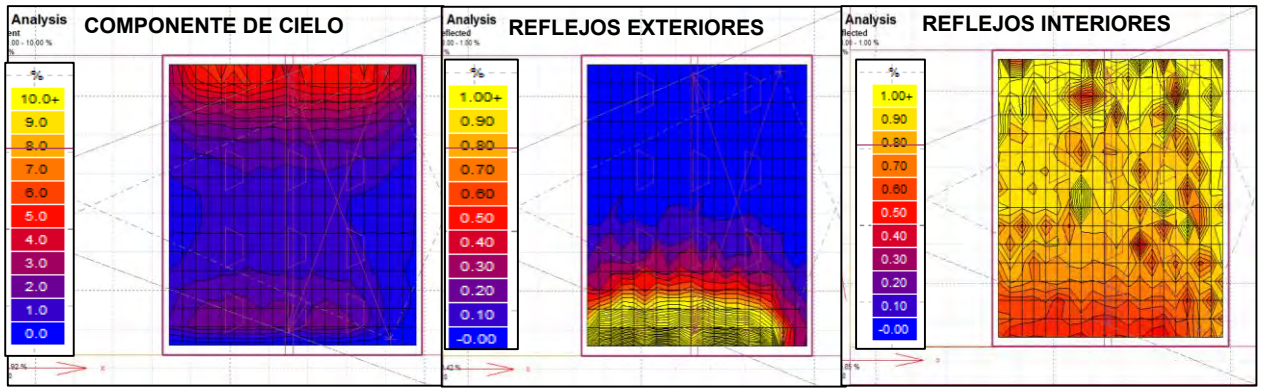
Promedio: 2.19 %

Combinación 2



Promedio: 317.61 lux

Promedio: 3.19 %

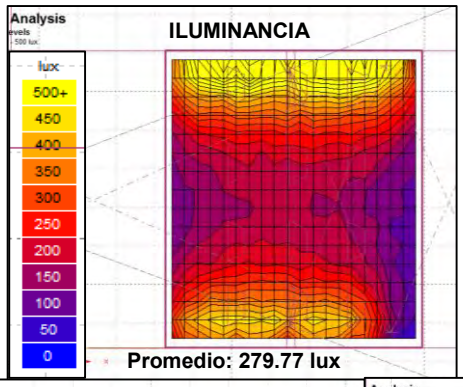


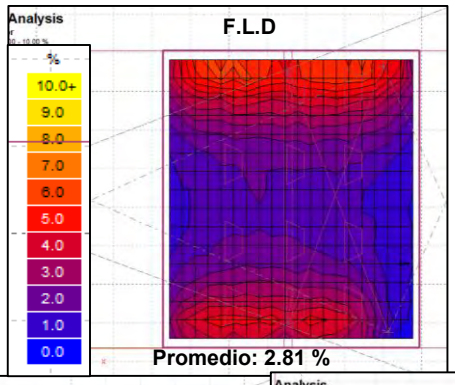
Promedio: 1.92 %

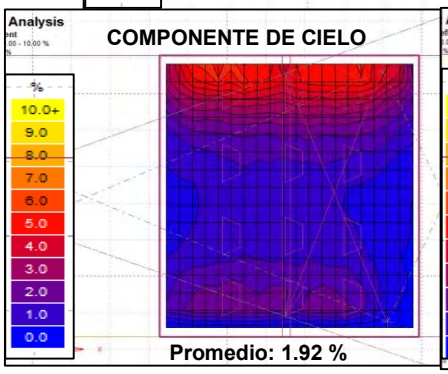
Promedio: 0.42 %

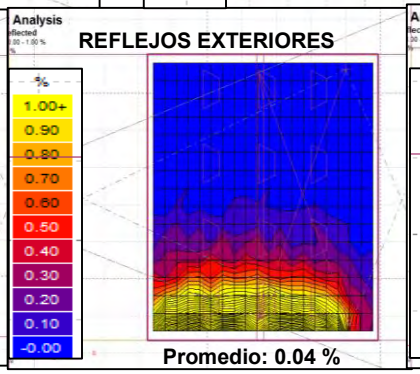
Promedio: 0.85 %

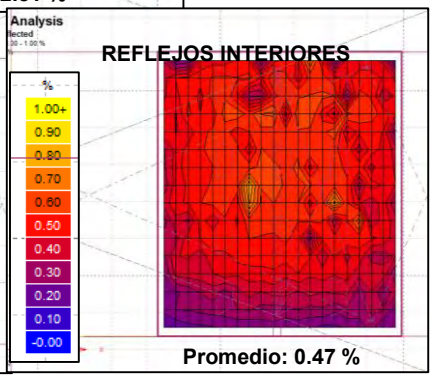
Combinación 3



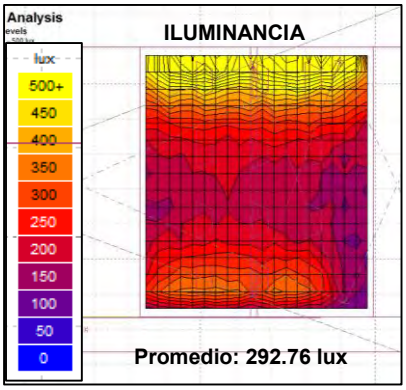


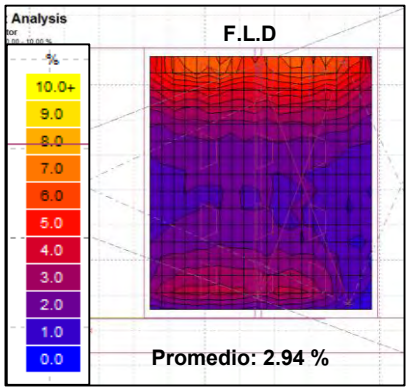


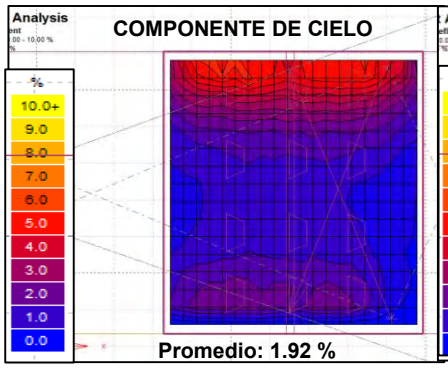


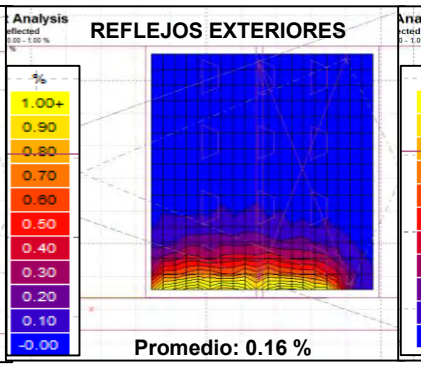


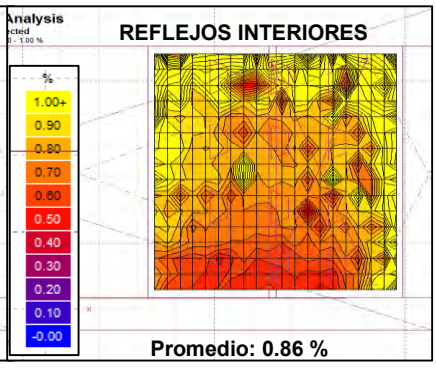
Combinación 4



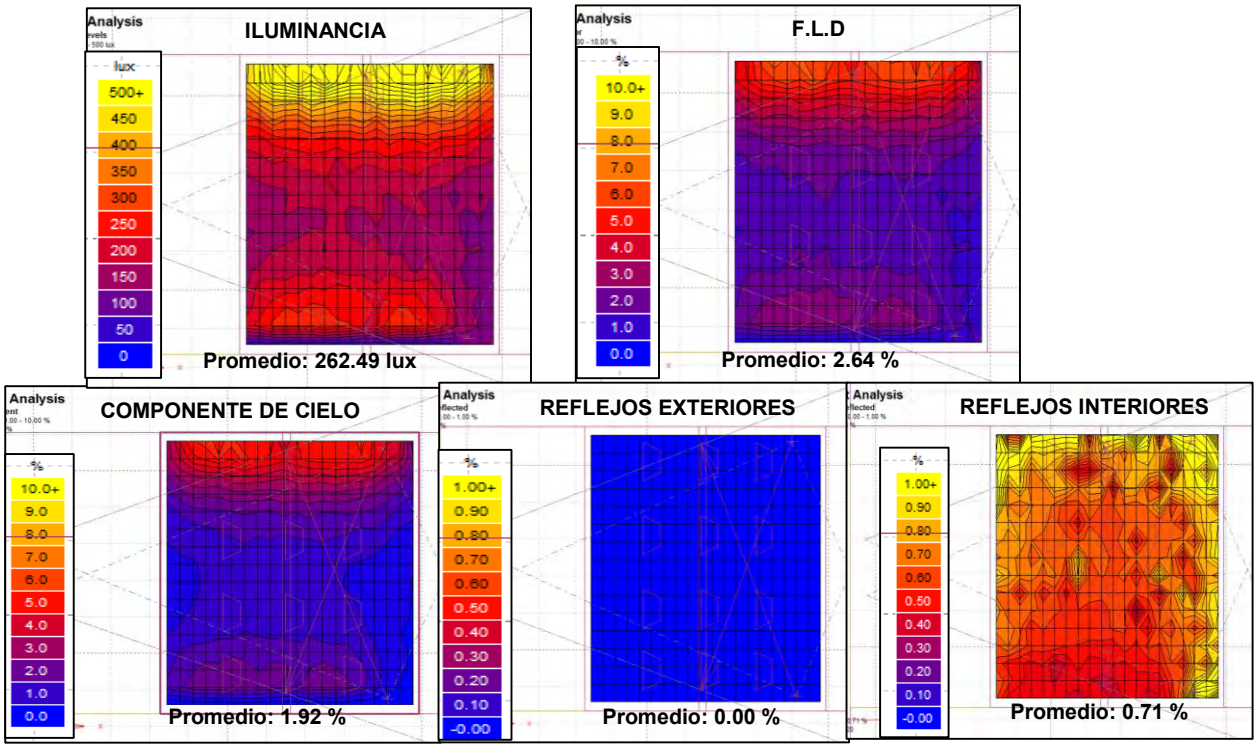






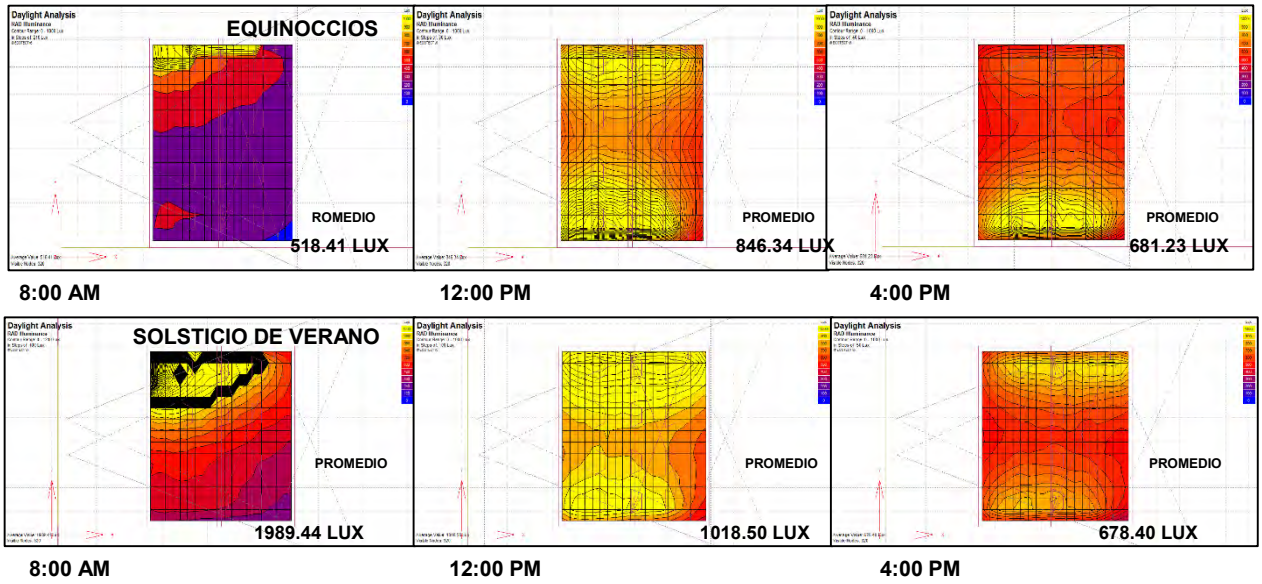


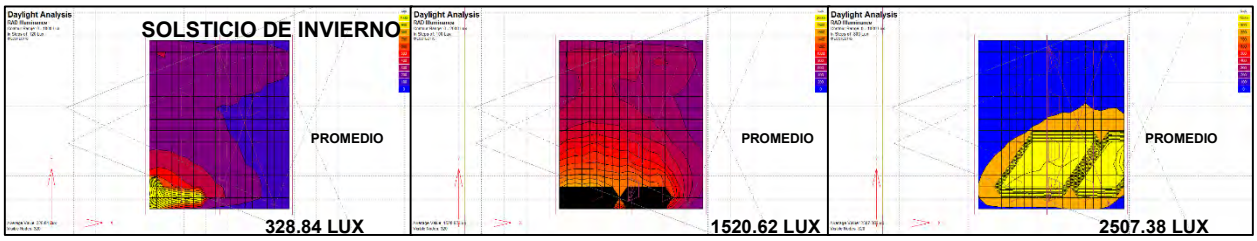
Combinación 5



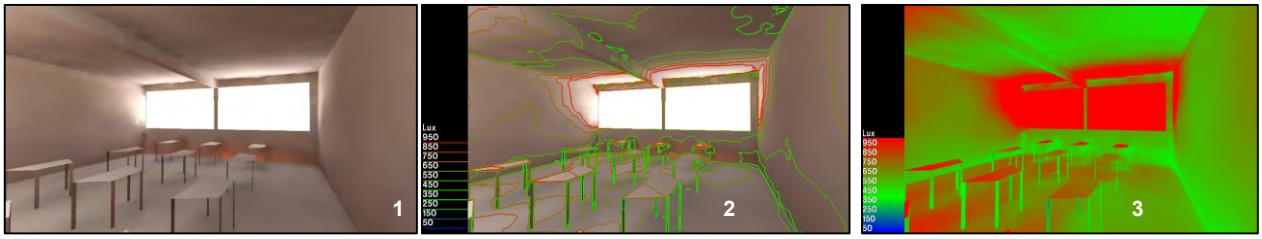
***Combinación* 1**

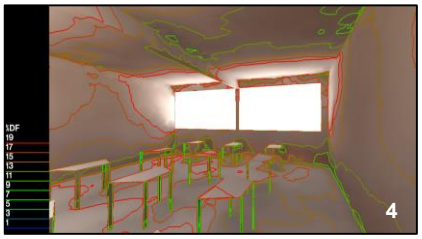
A continuación los resultados del análisis 2d sobre el plano de trabajo de manera estacional y horaria en valores absolutos-iluminancias.





8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**





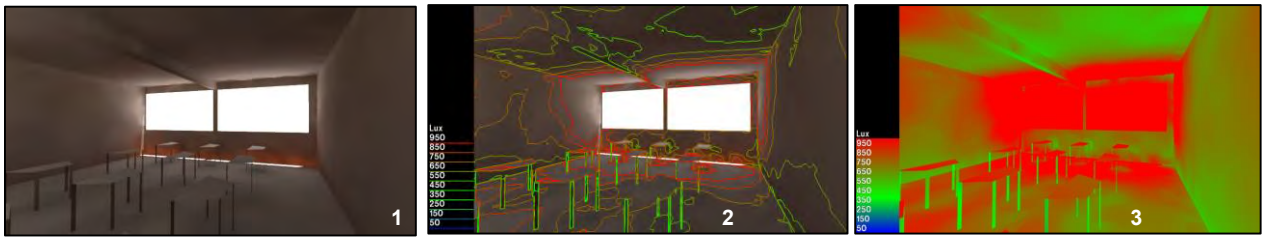
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

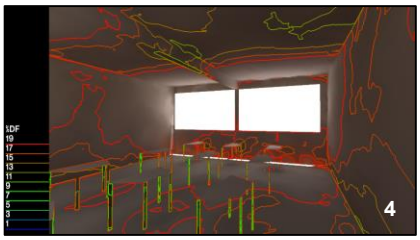
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





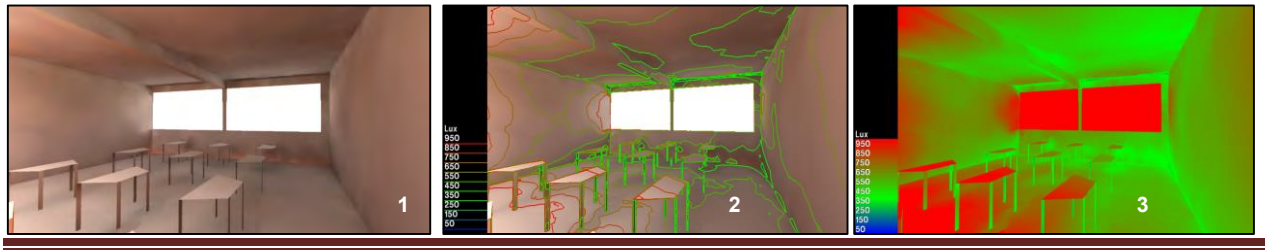
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

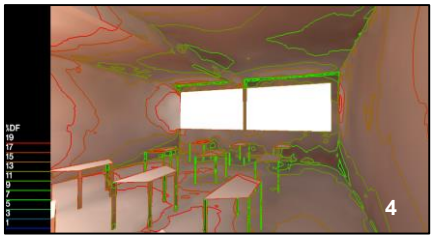
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





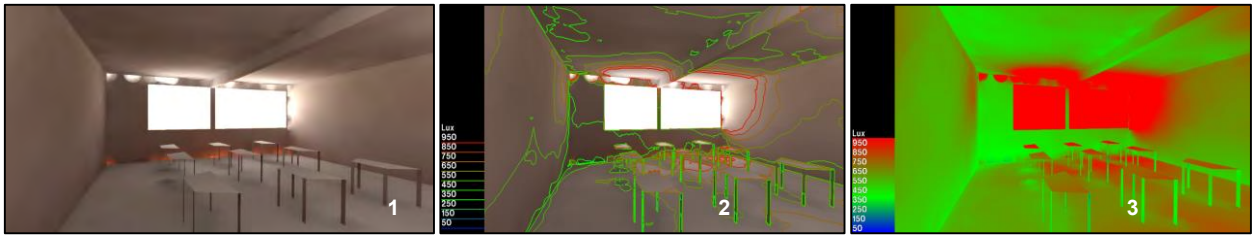
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

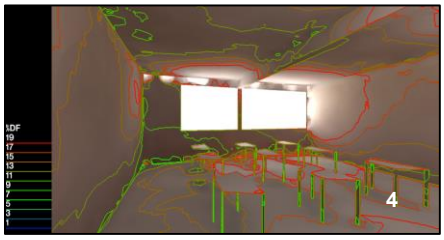
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D



CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

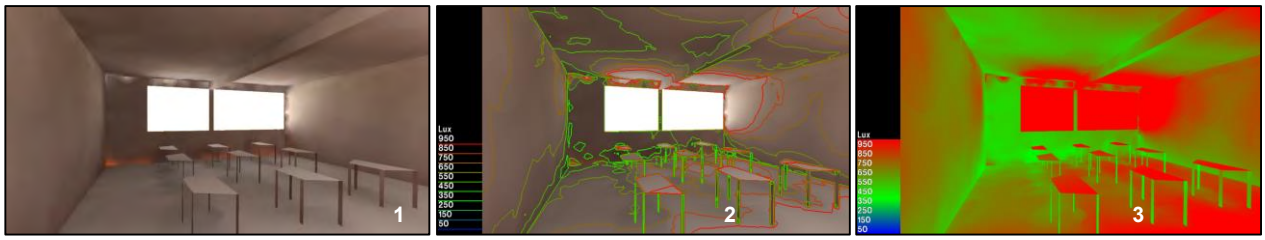


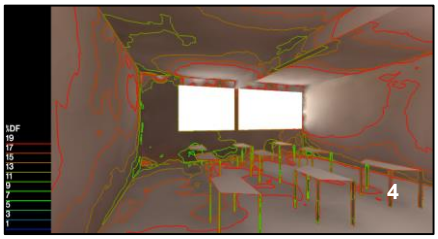
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





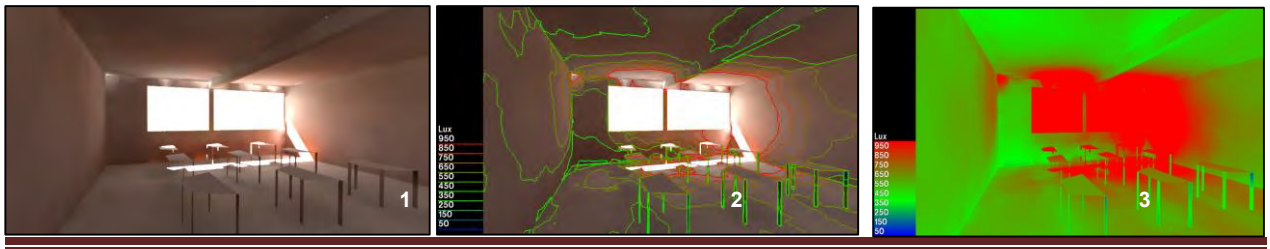
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

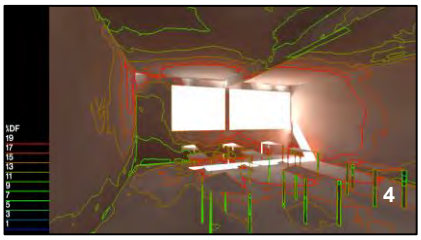
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

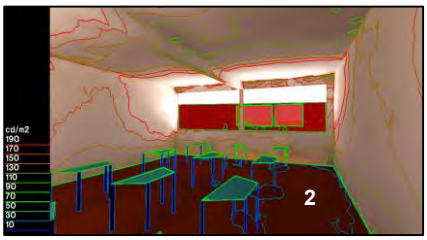
2.-Curvas de nivel de iluminancia

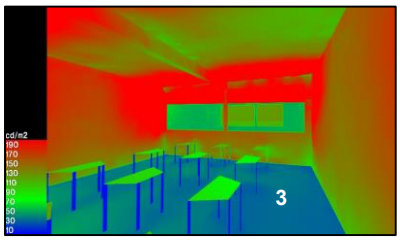
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

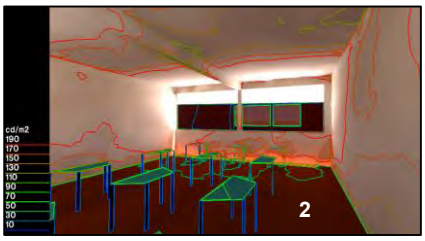
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

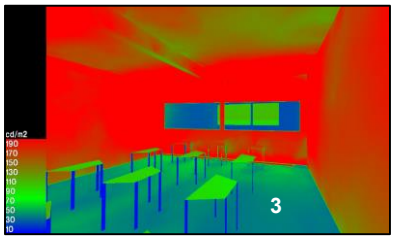




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

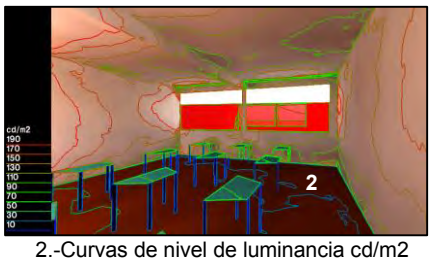
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

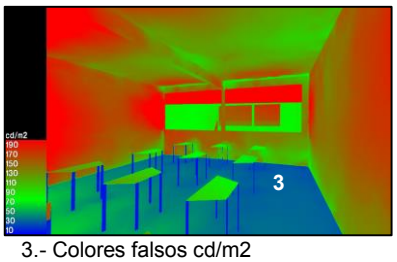




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

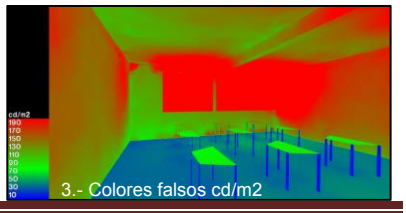
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**



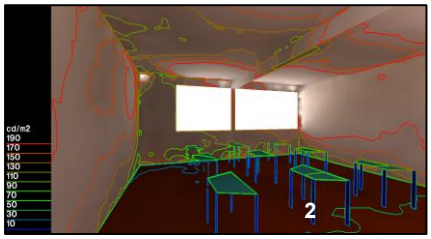


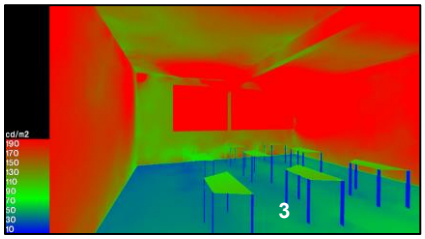
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**



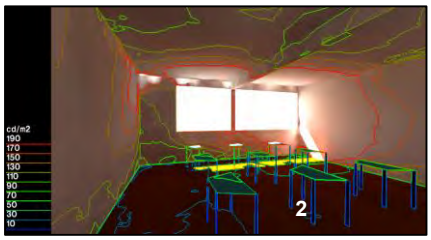
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

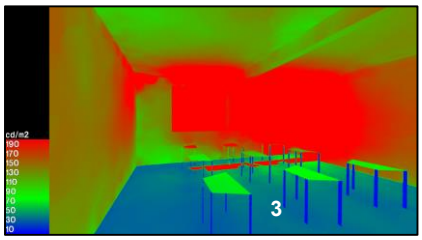




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

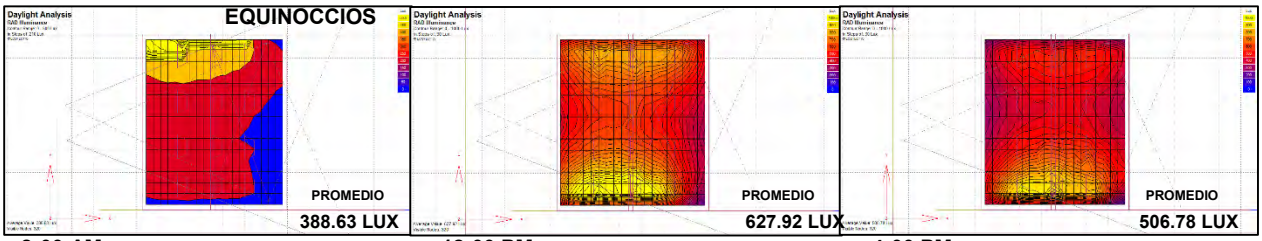




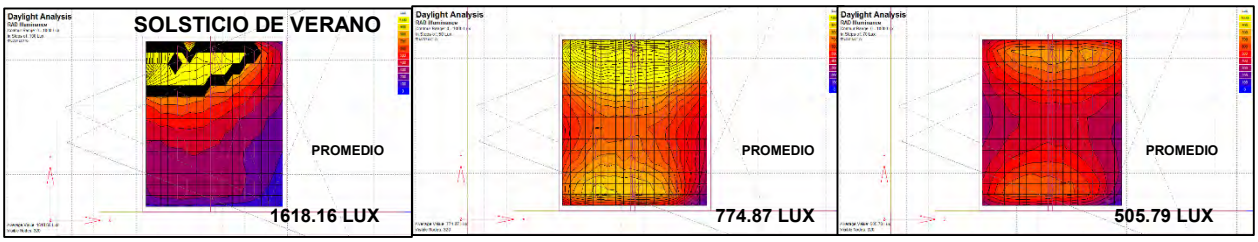
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

Combinación 2

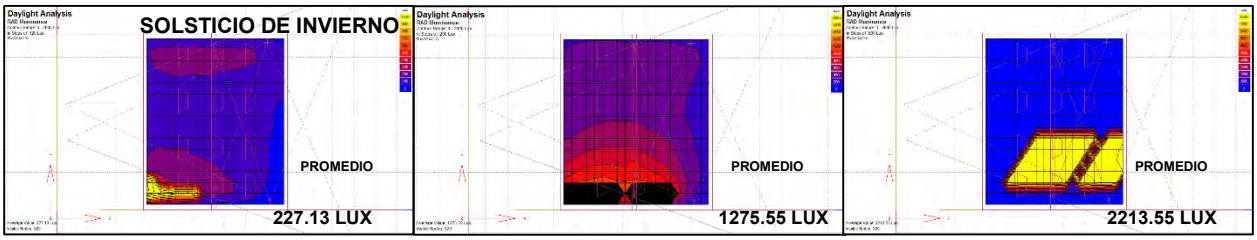
*Iluminancia



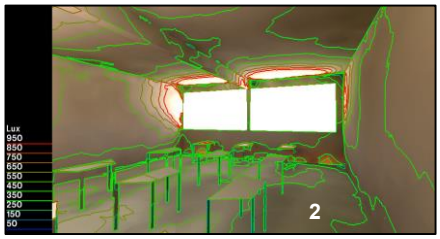
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

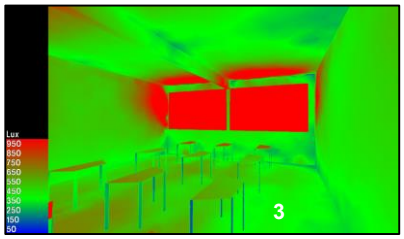


8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

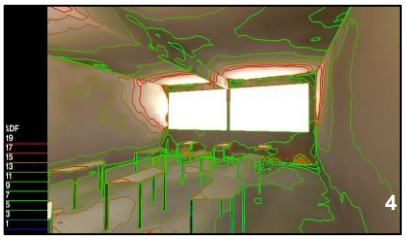


8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**





CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

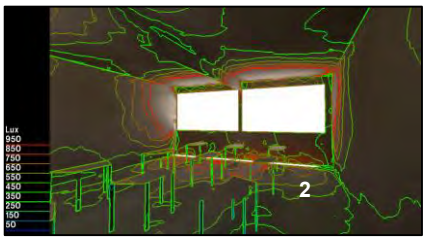


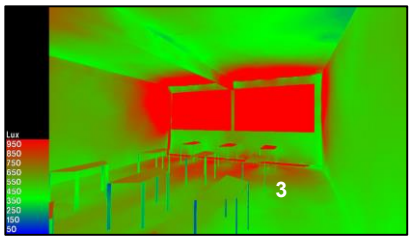
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

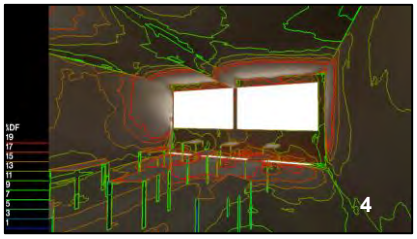
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

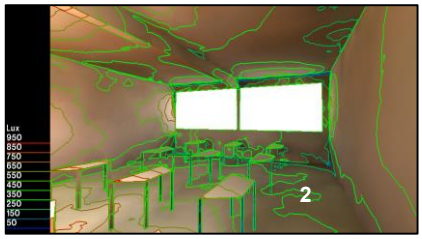


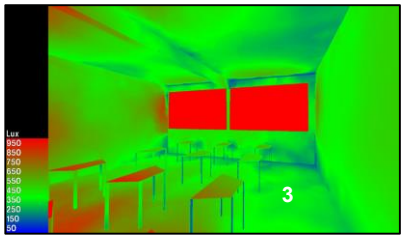
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

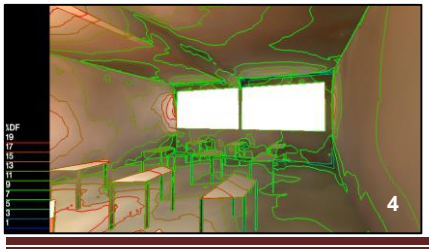
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

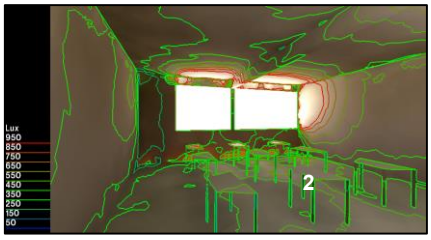


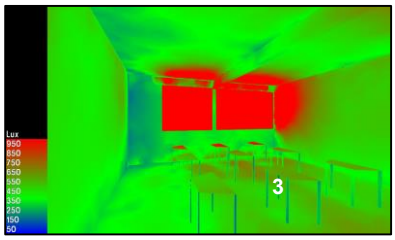
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

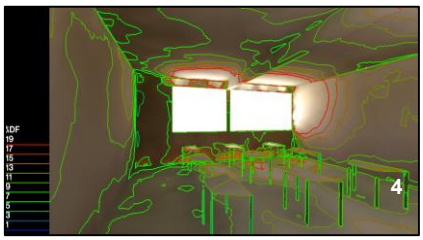
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

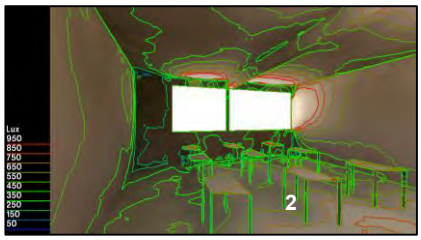


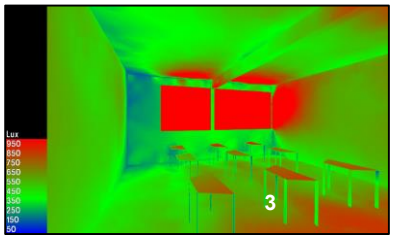
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

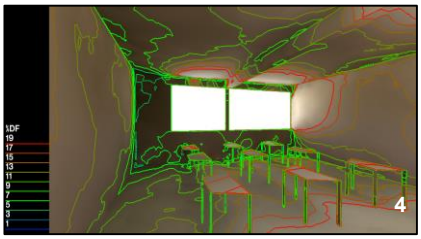
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

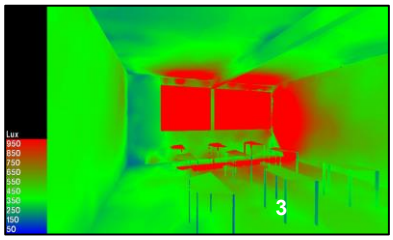


1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D



CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

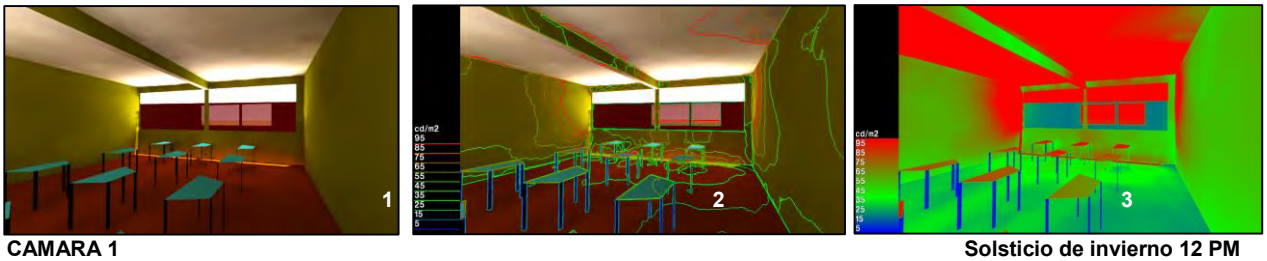
4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

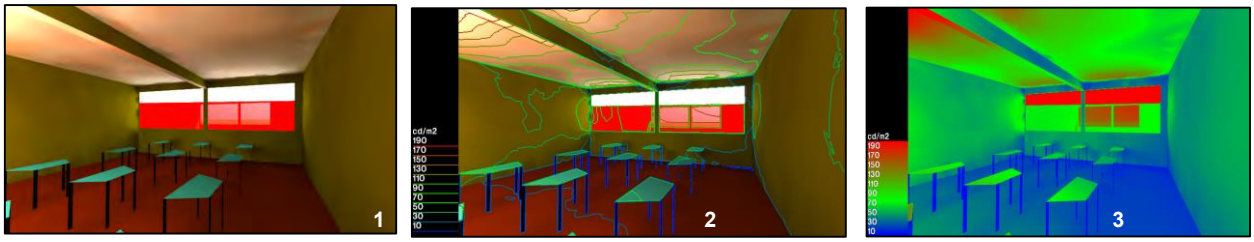
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**



CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

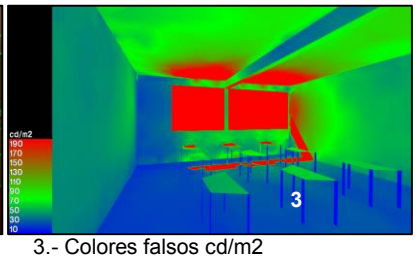
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

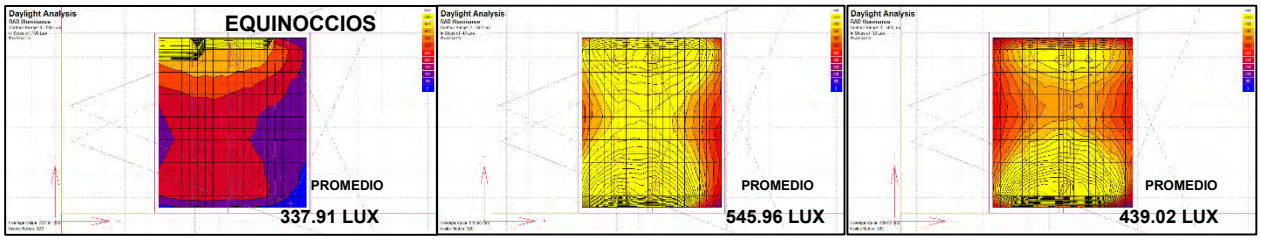
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



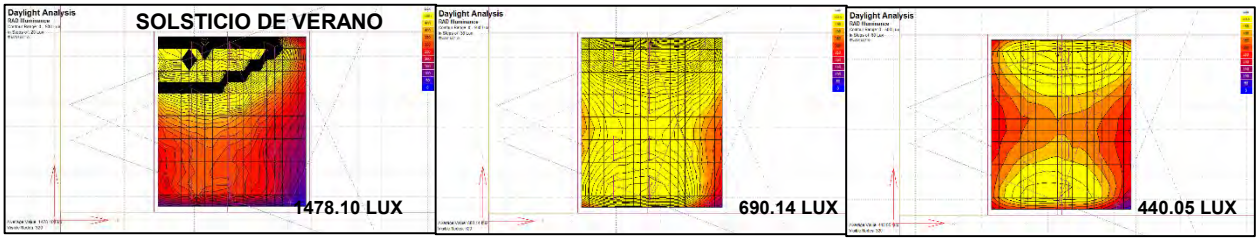
3.- Colores falsos cd/m2

Combinación 3

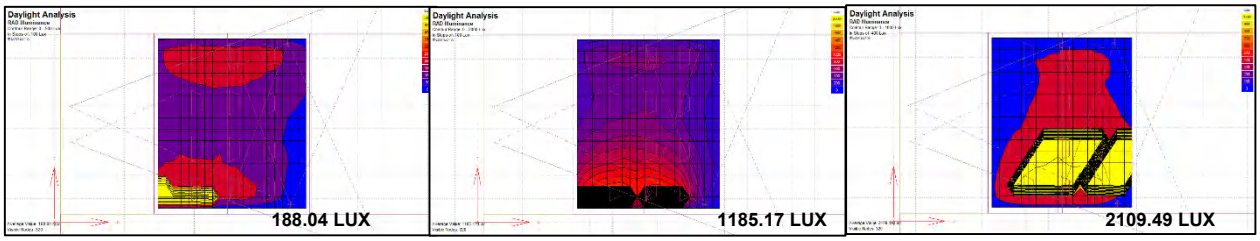
Iluminancia



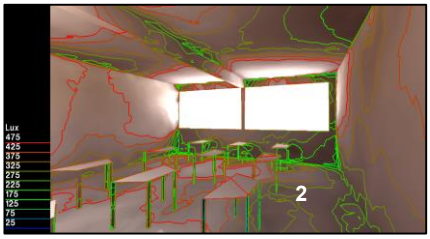
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

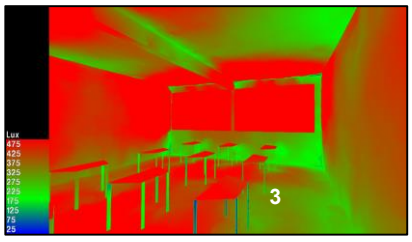


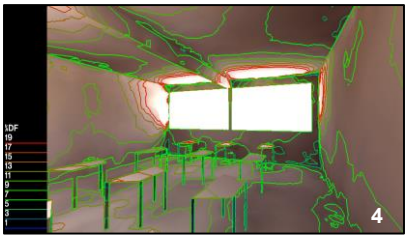
8:00 AM **SOLSTICIO DE INVIERNO** **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







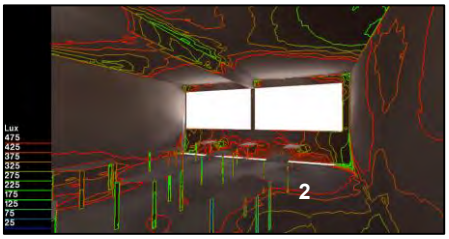
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

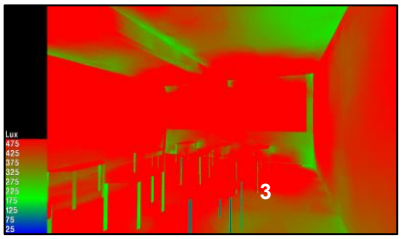
1.- Sensación humana

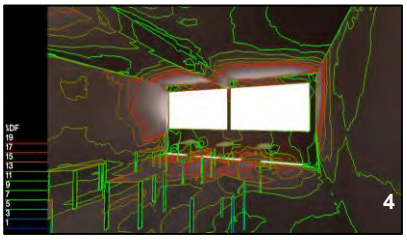
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







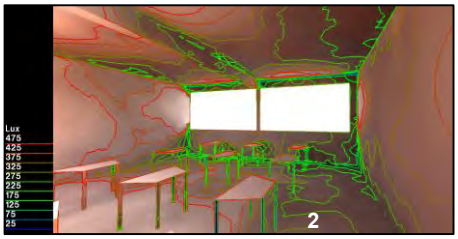
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

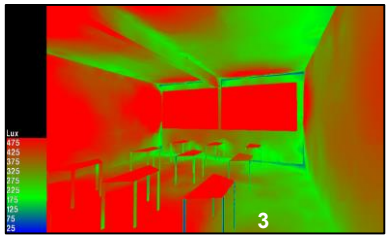
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





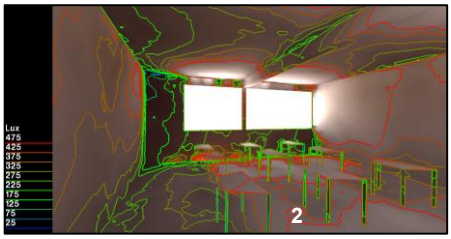
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

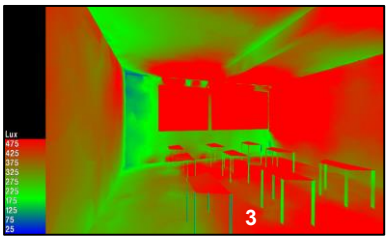
1.- Sensación humana

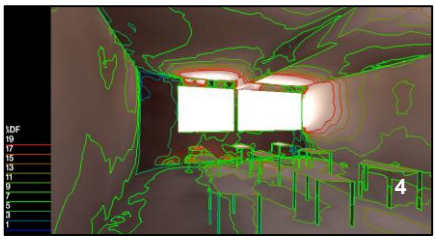
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







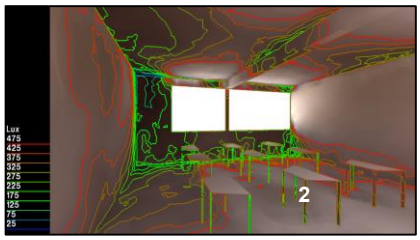
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

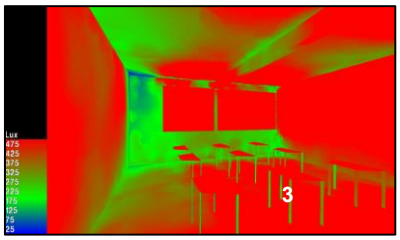
1.- Sensación humana

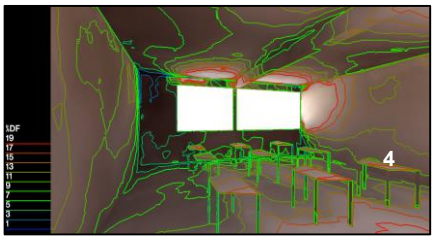
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







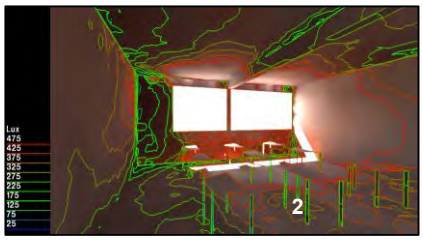
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

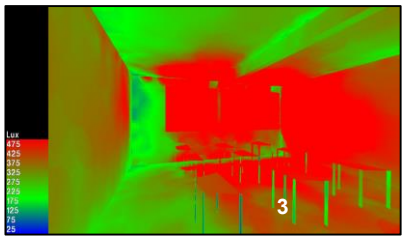
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

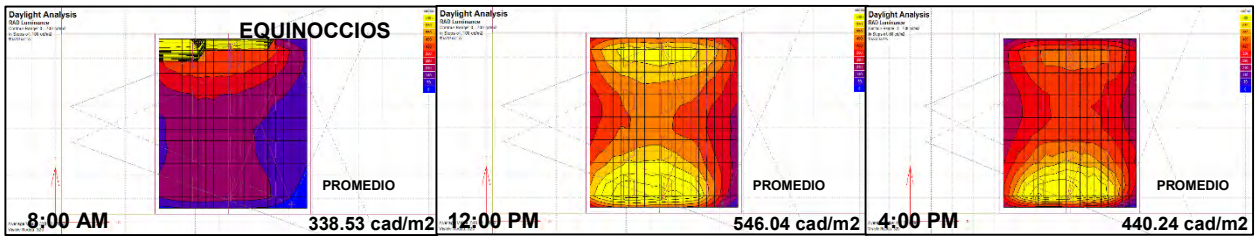
1.- Sensación humana

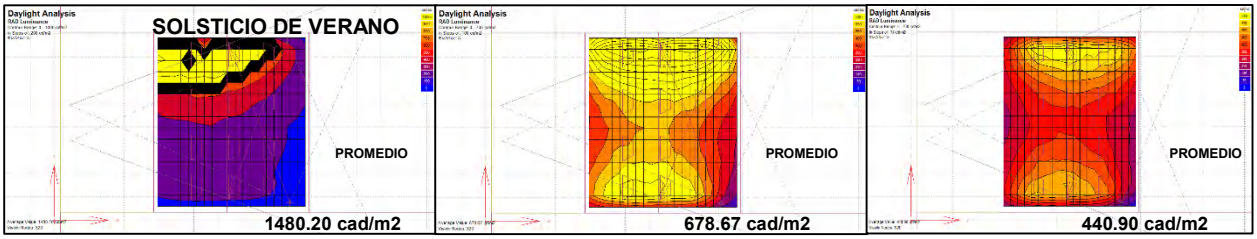
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

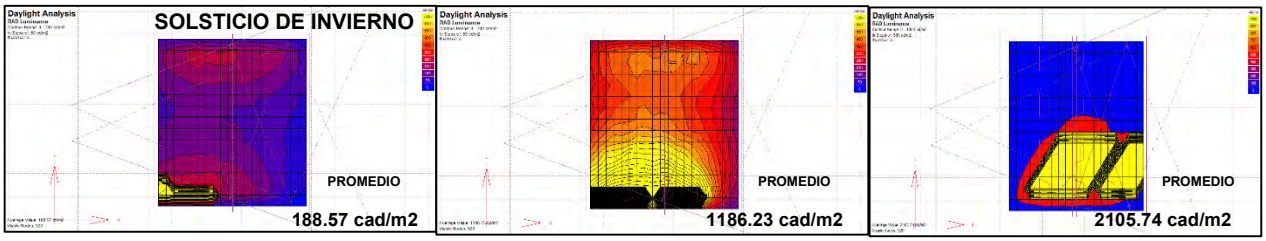
4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:



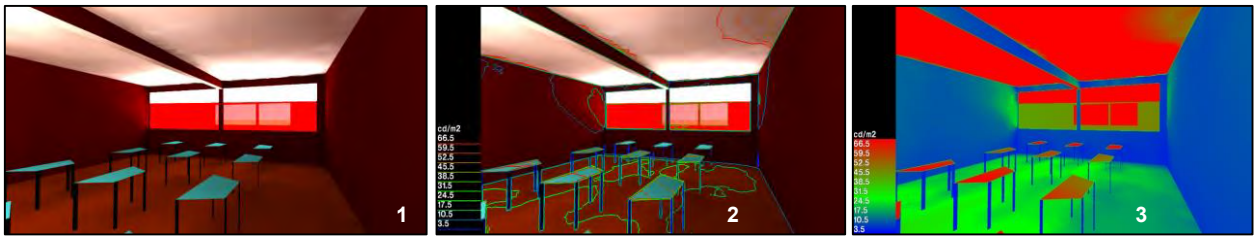


8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



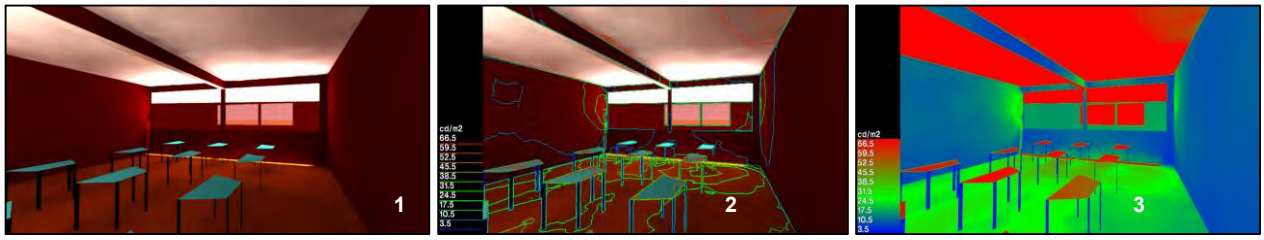
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

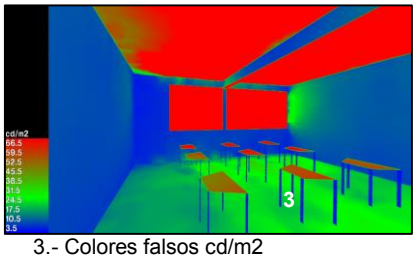
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana

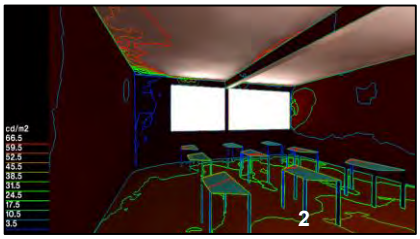
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



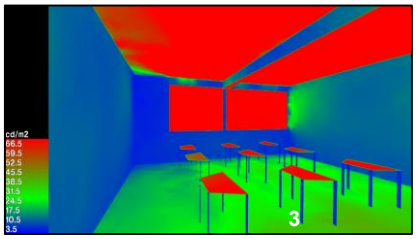
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



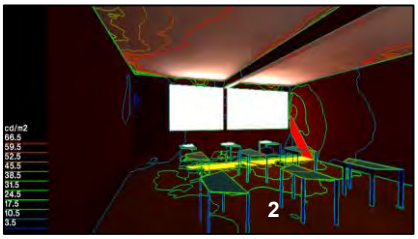
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



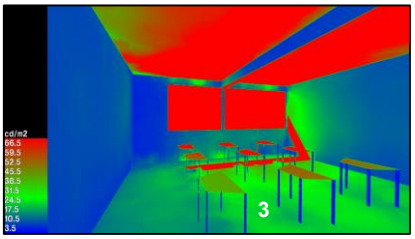
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



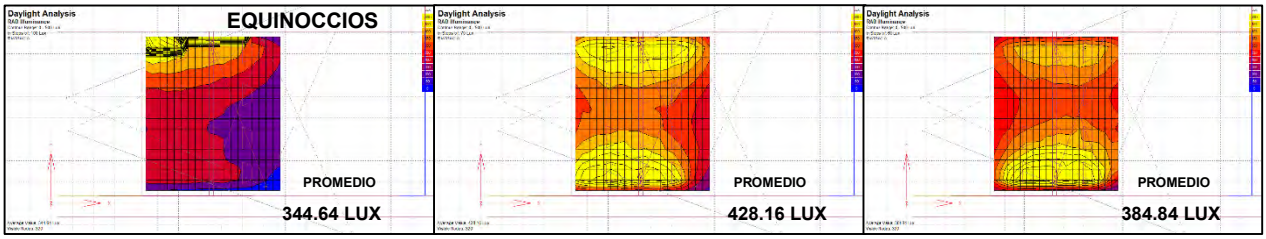
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



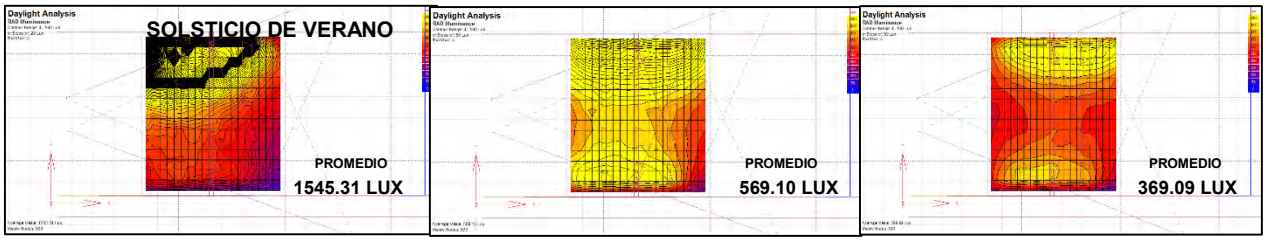
3.- Colores falsos cd/m2

Combinación 4

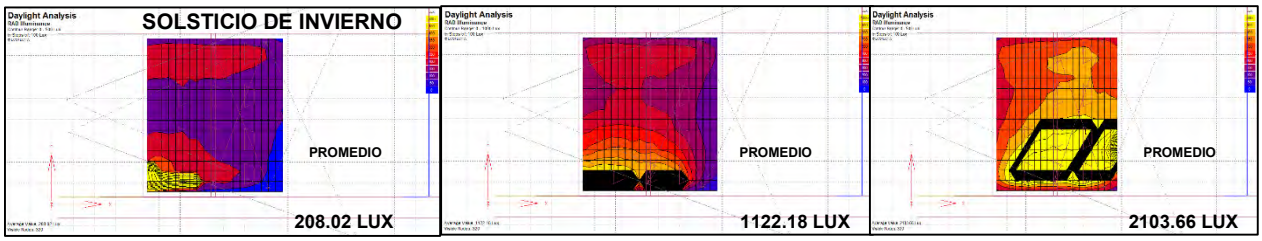
*Iluminancia



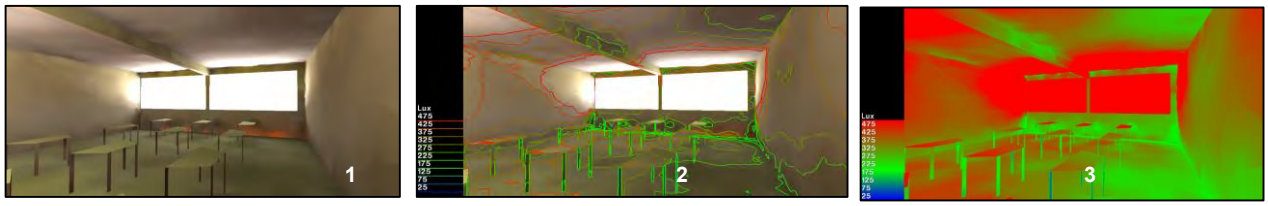
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

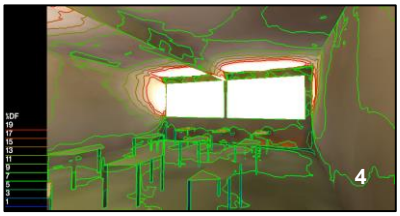


8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**





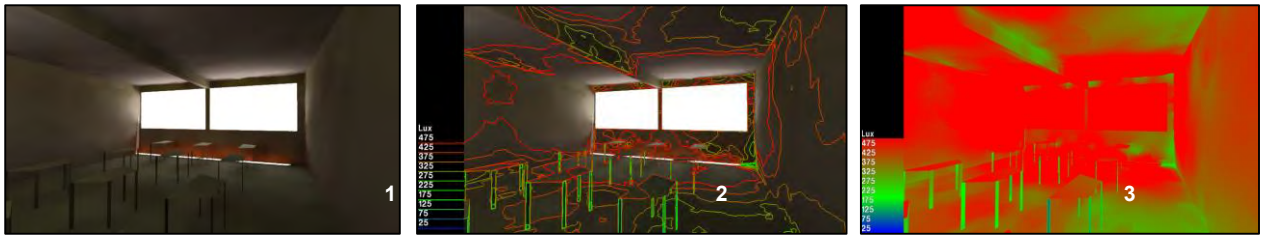
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

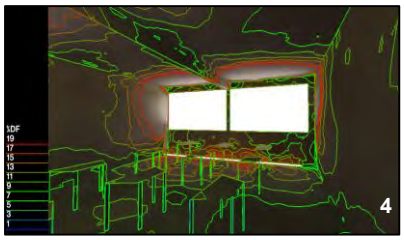
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





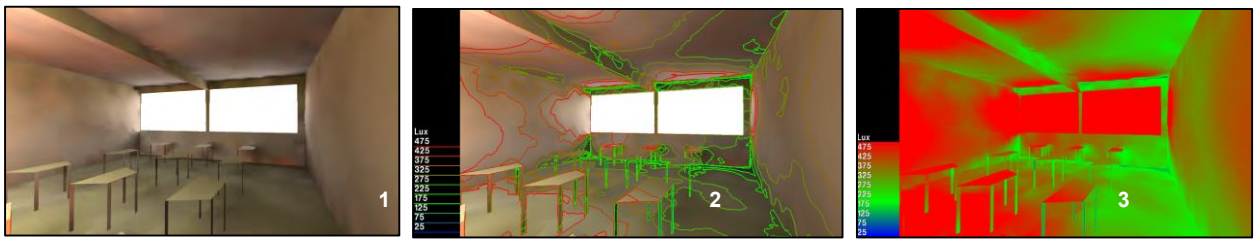
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

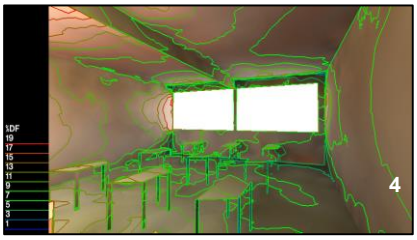
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





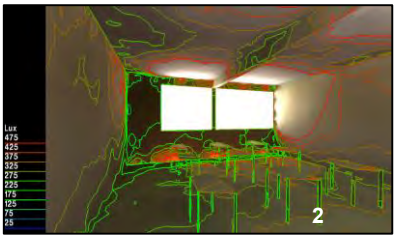
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

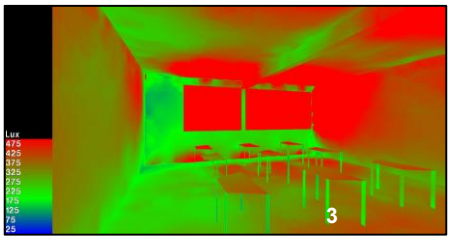
1.- Sensación humana

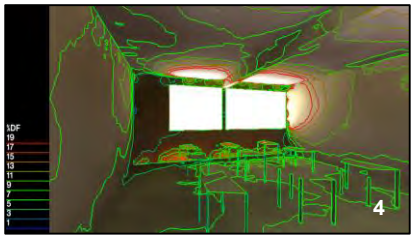
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







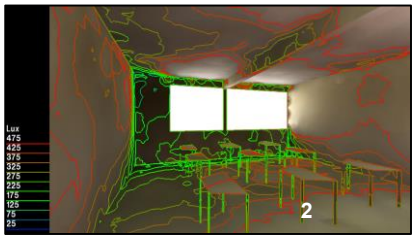
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

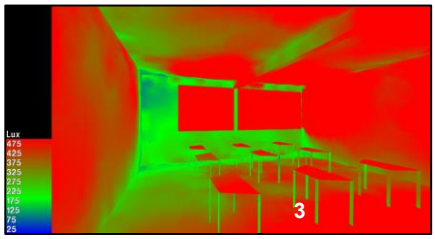
1.- Sensación humana

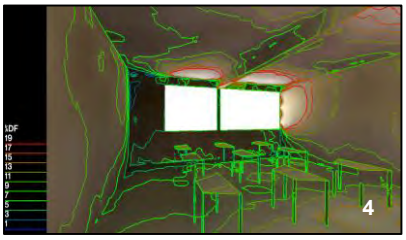
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







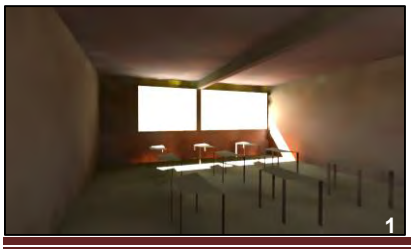
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

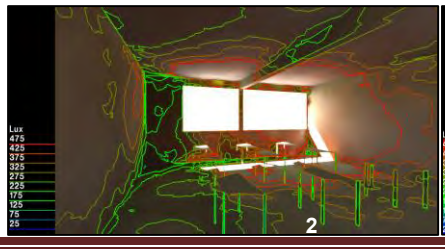
1.- Sensación humana

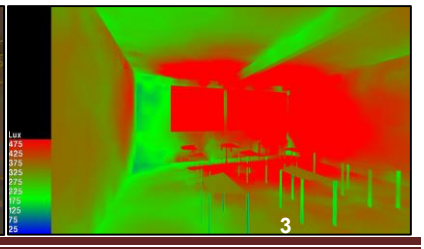
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

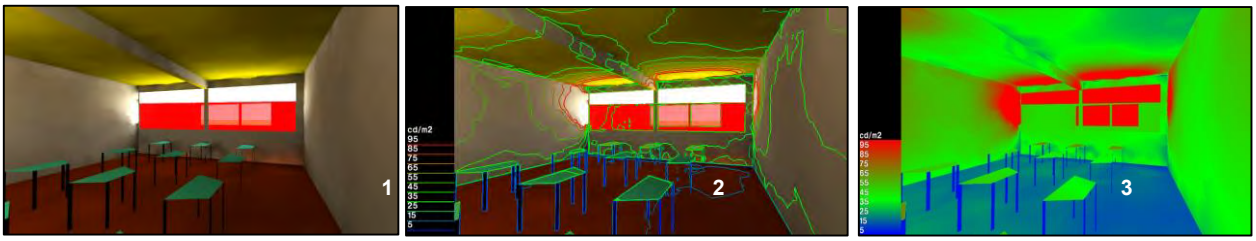
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

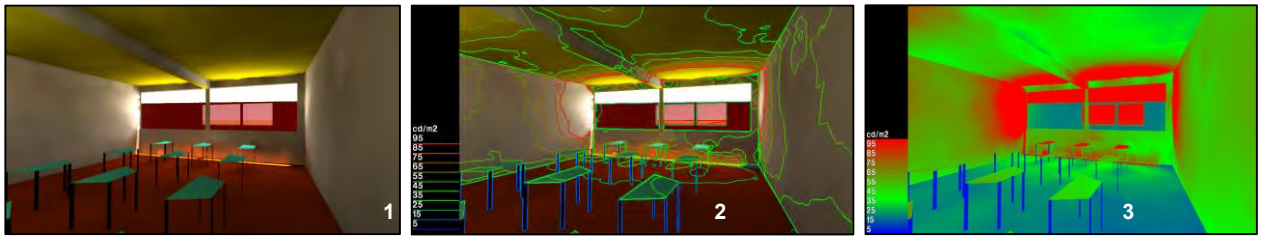
*Luminancias

CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**



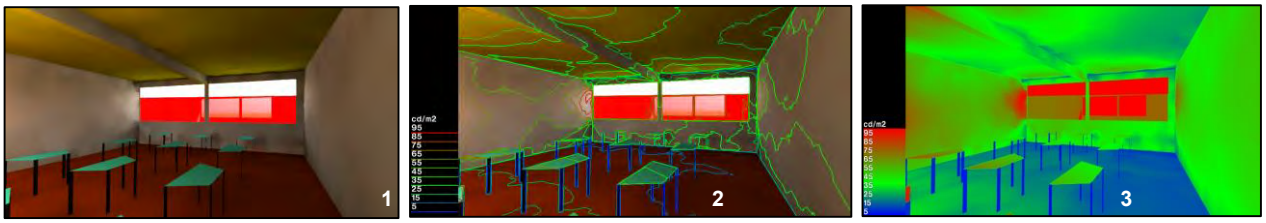
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

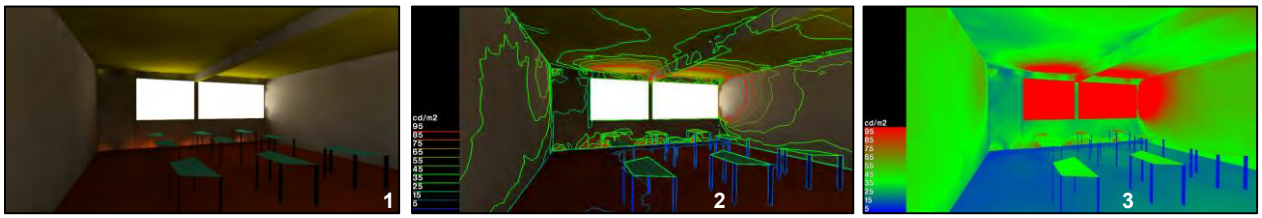


1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

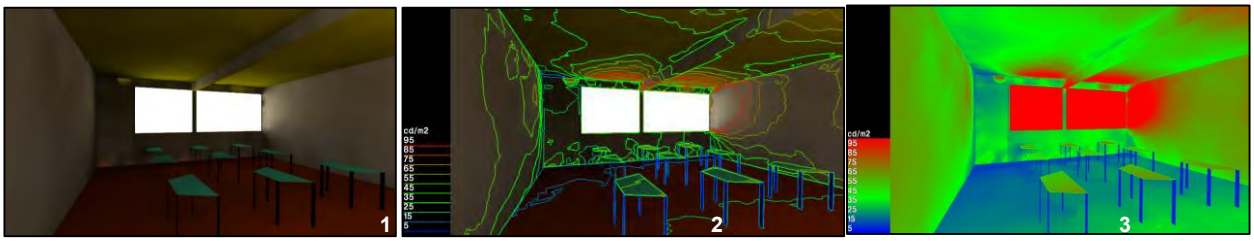


CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**



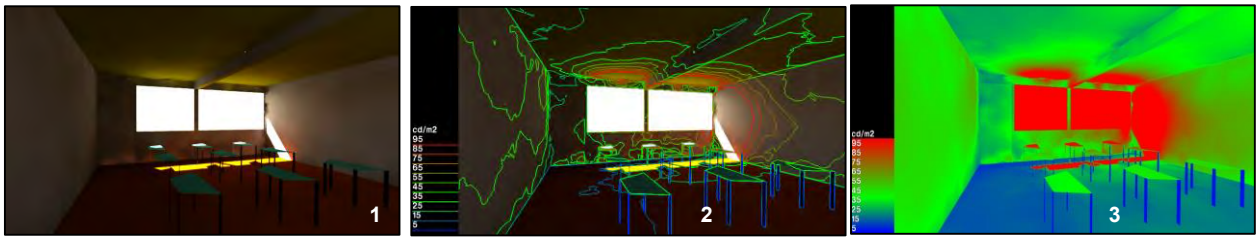
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

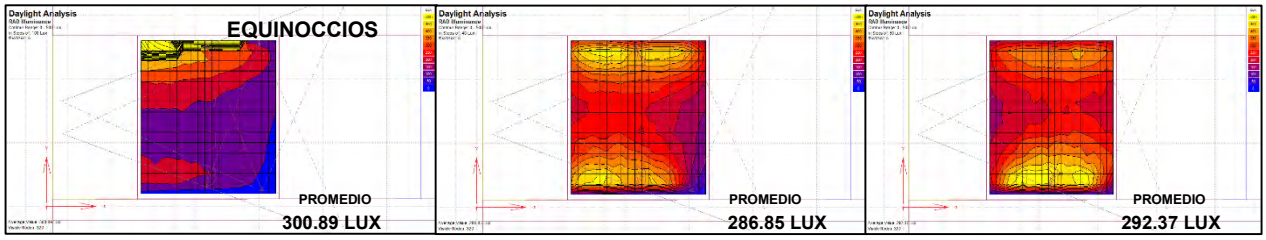
CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**



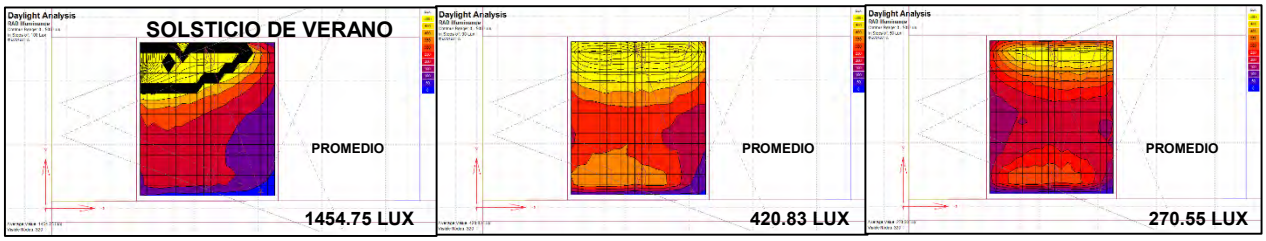
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

Combinación 5

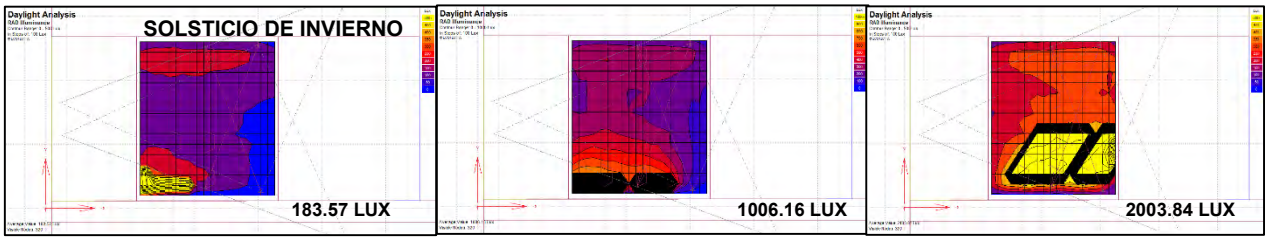
*Iluminancia



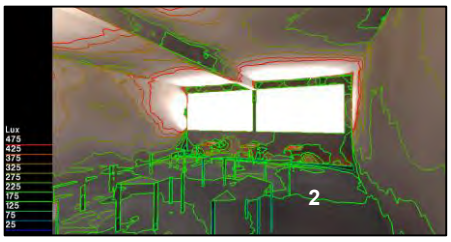
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

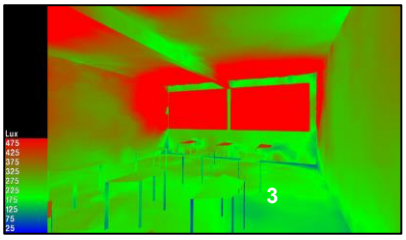


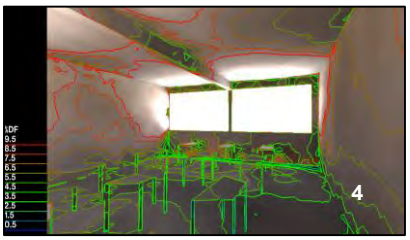
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







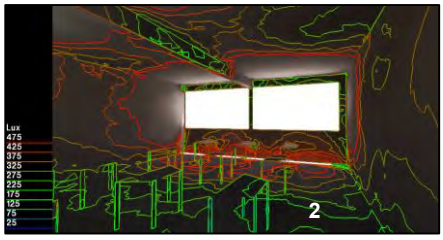
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

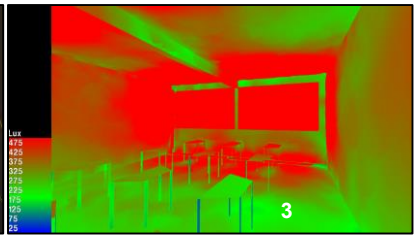
1.- Sensación humana

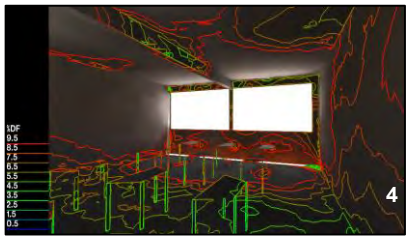
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







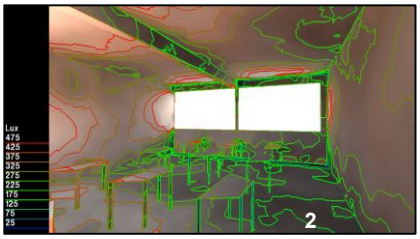
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

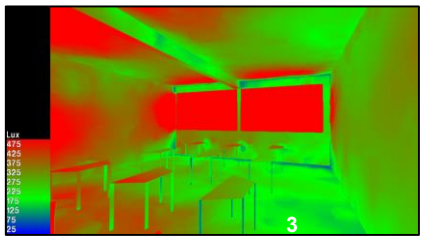
1.- Sensación humana

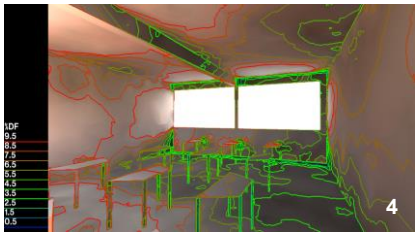
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







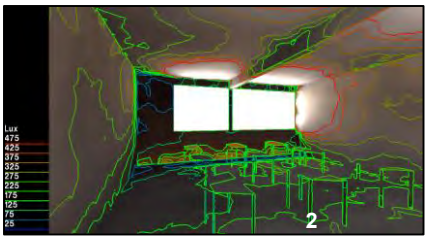
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

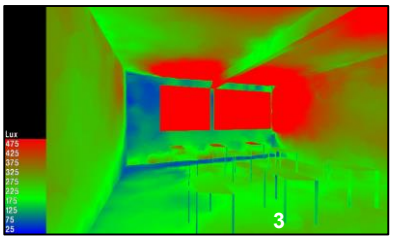
1.- Sensación humana

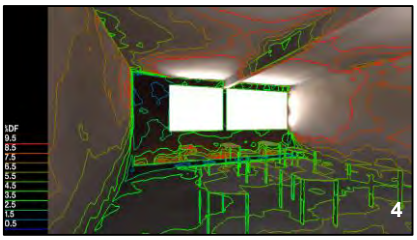
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







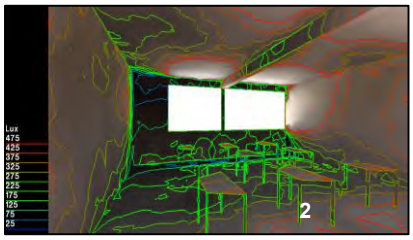
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

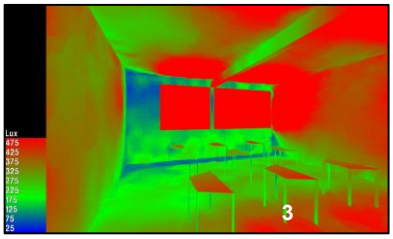
1.- Sensación humana

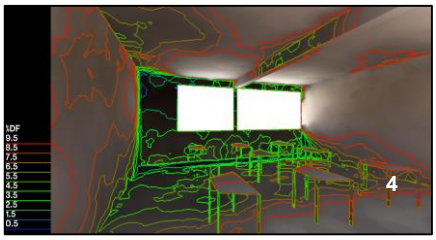
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







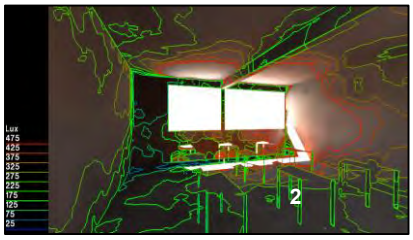
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

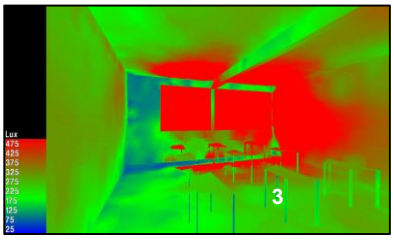
1.- Sensación humana

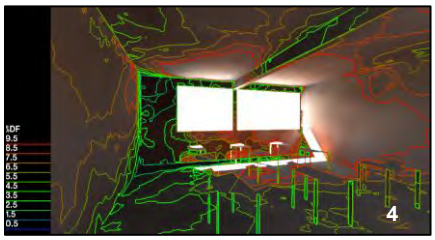
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

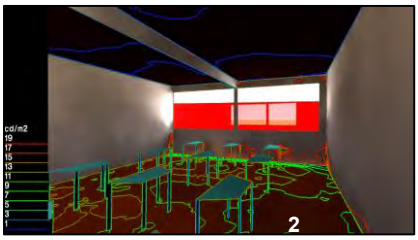
2.-Curvas de nivel de iluminancia

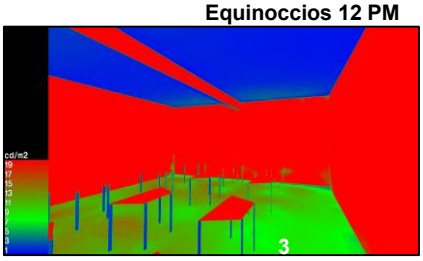
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias

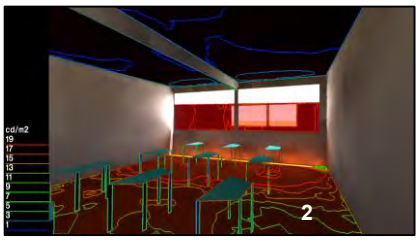
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

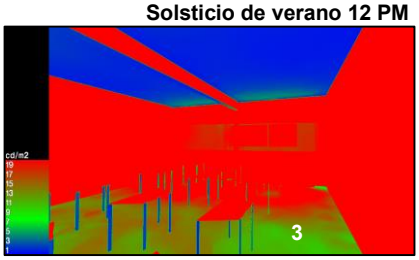




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

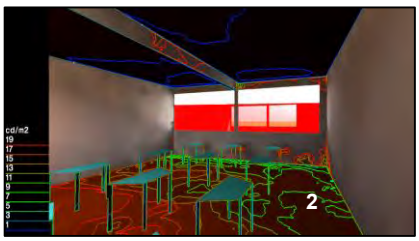
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

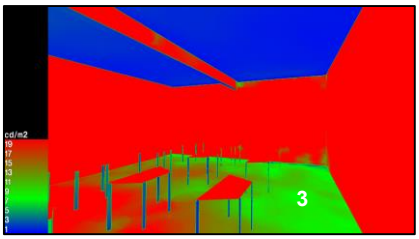




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

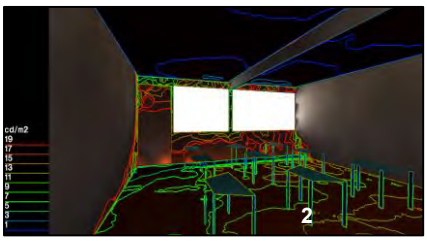
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

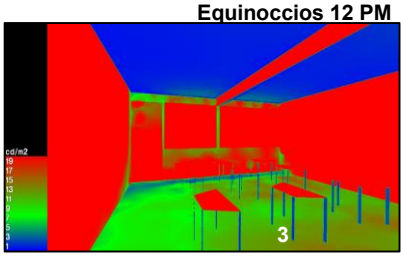




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

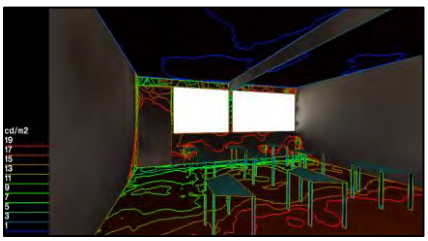
CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

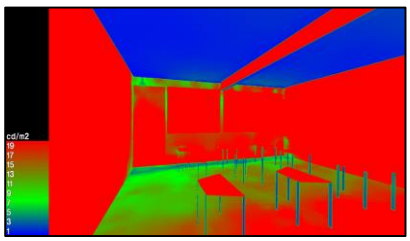




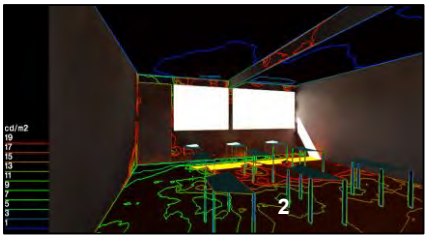
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

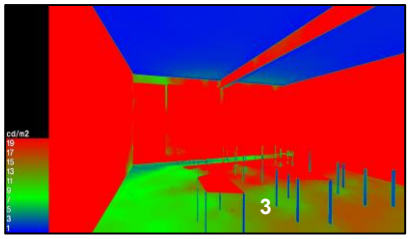
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**





CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**



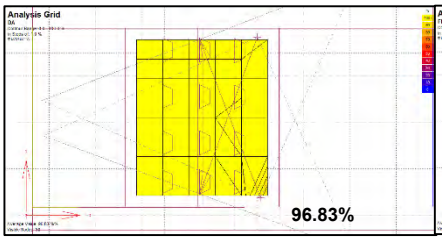


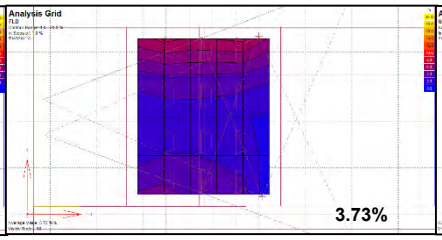
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

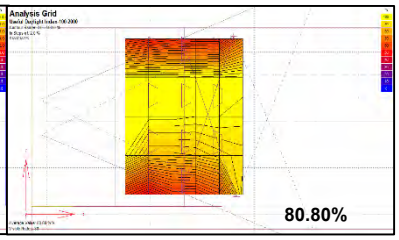
7.8.4.3.3 DAYSIM 3.1

Combinación 1

***Umbral 150 lux**







1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

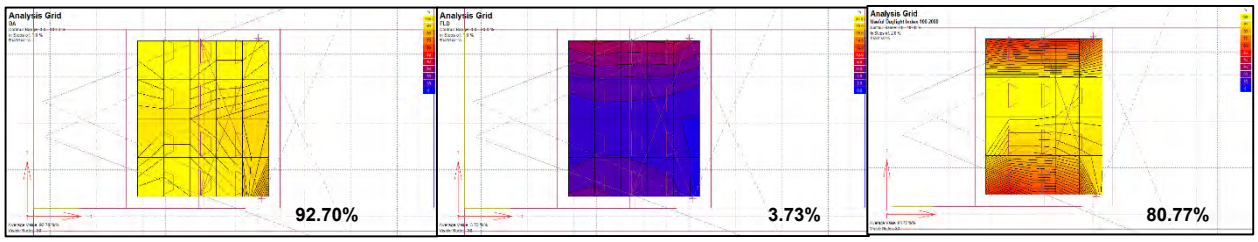
Daylight Factor (DF): El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 91% y el 99%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 6%, UDI100-2000 = 24%, UDI> 2000 = 70%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 80% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

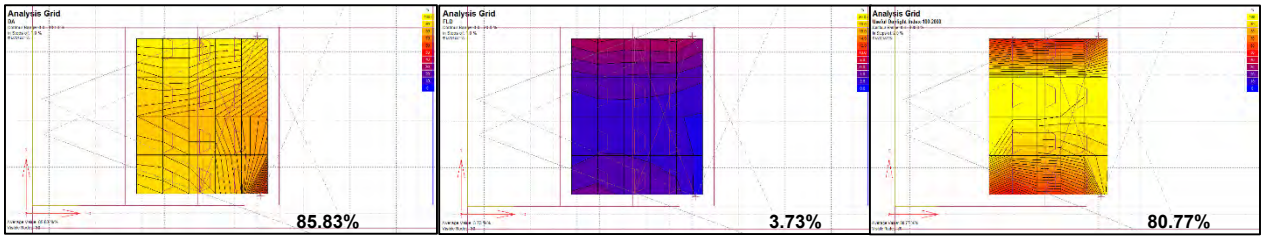
Daylight Factor (DF): El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 77% y 96%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 6%, UDI100-2000 = 24%, UDI> 2000 = 70%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 30% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

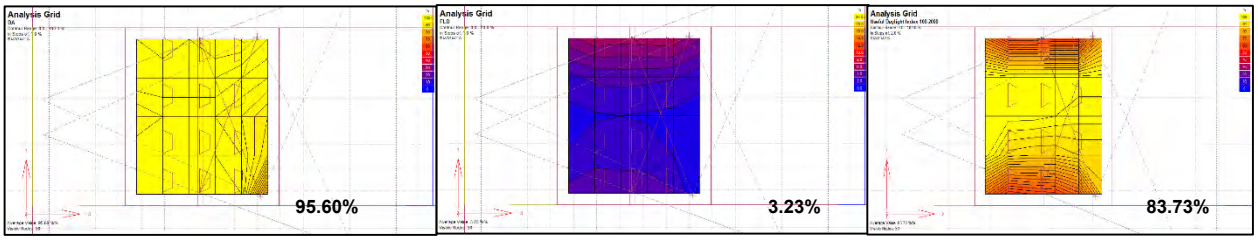
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 54% y 94%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 6%, UDI100-2000 = 24%, UDI> 2000 = 70%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación 2

***Umbral 150 lux**



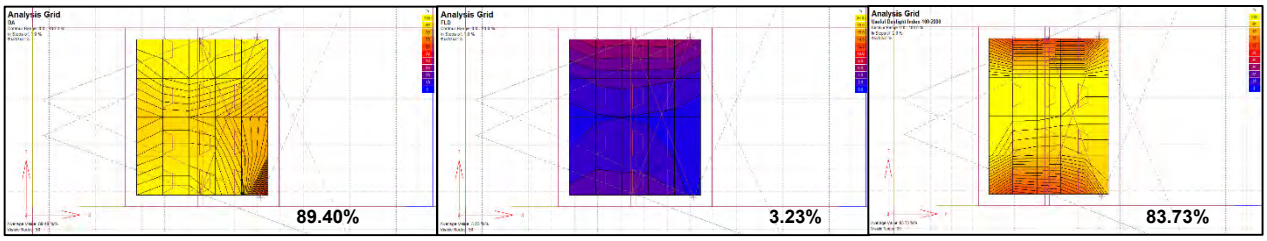
1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 70% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/). **Daylight autonomy (DA):** Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 80% y el 99%. **Useful Daylight Illuminance (UDI):** Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 13%, UDI100-2000 = 23%, UDI> 2000 = 65%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 60% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

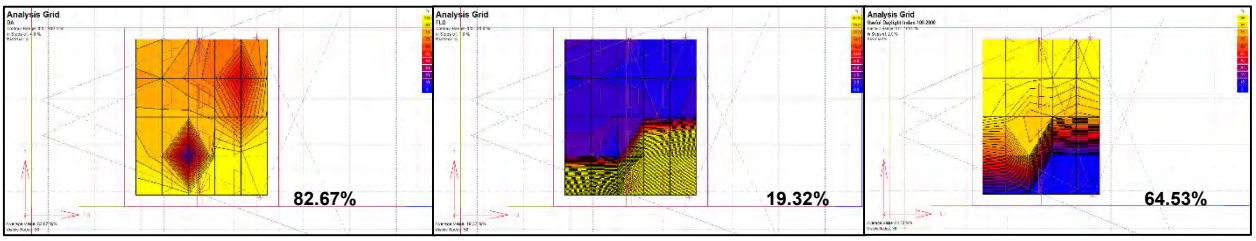
Daylight Factor (DF): El 70% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 53% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 13%, UDI100-2000 = 23%, UDI> 2000 = 65%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 33% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 70% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

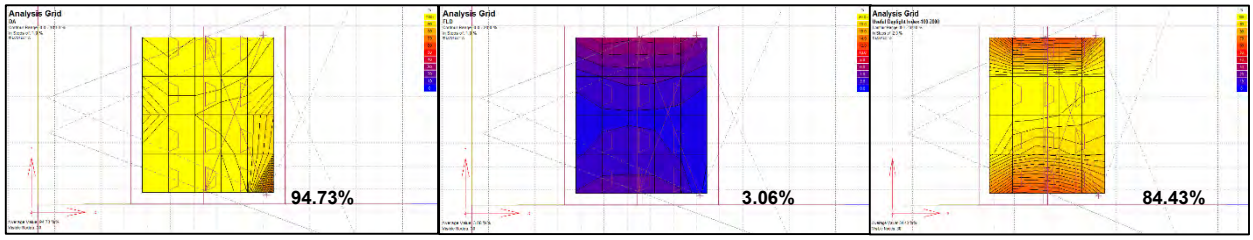
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 12% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 11%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 89%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 83% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 40% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación 3

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

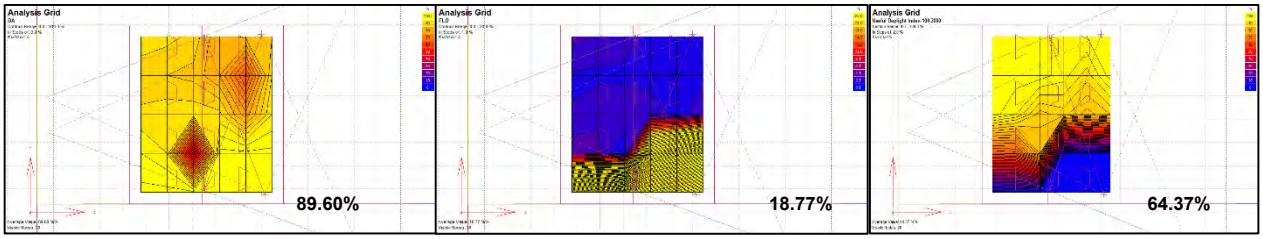
Daylight Factor (DF): El 67% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 67% y el 99%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 21%, UDI100-2000 = 18%, UDI> 2000 = 61%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 60% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 63% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting

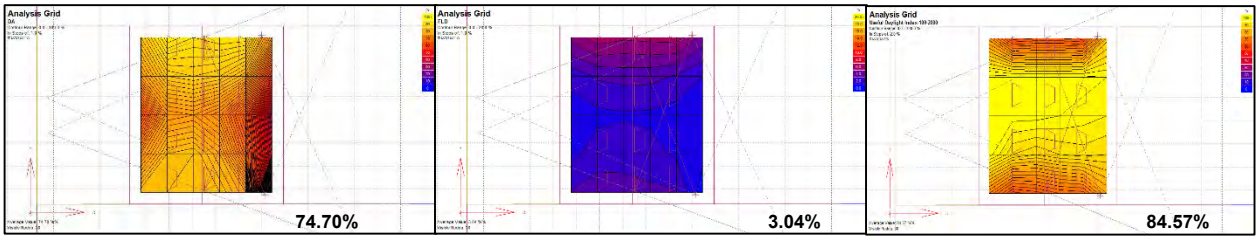
credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 39% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 16%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 84%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 67% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

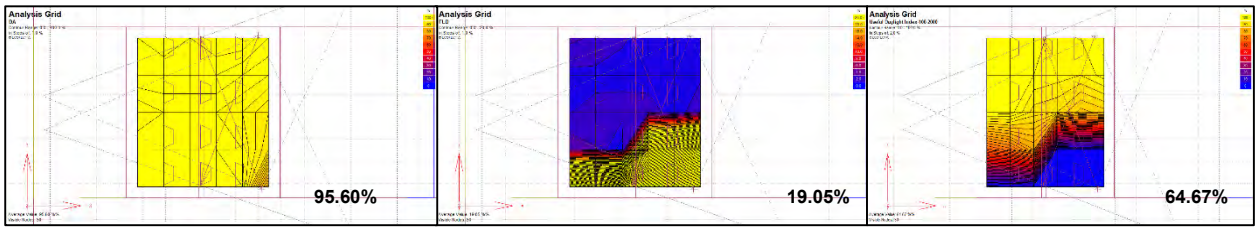
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 4% y 92%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 20%, UDI100-2000 = 19%, UDI> 2000 = 61%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación 4

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

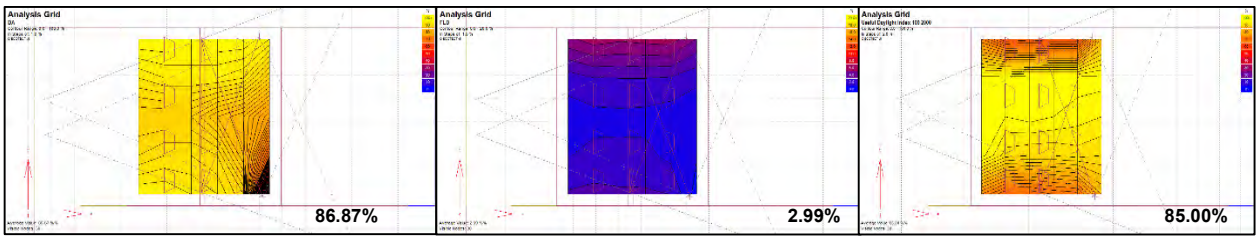
Daylight Factor (DF): El 60% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 70% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 20%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 80%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 57% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

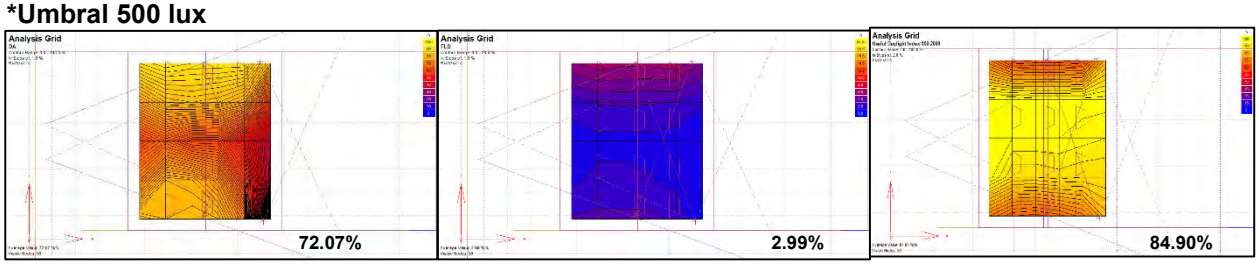
Daylight Factor (DF): El 67% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 25% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 18%, UDI100-2000 = 20%, UDI> 2000 = 62%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 33% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

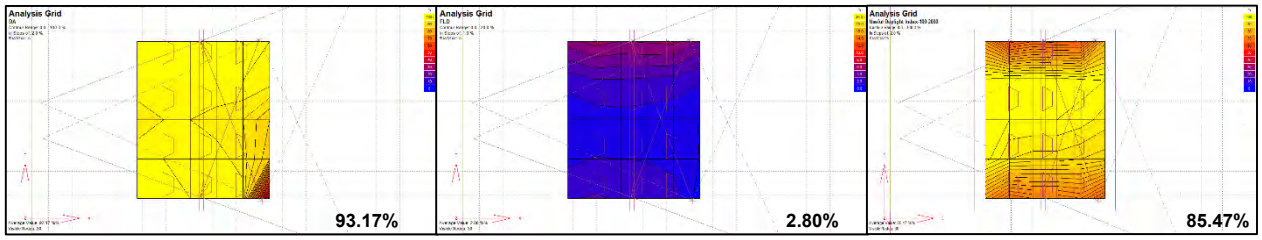
Daylight Factor (DF): El 67% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 2% y 92%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 17%, UDI100-2000 = 21%, UDI> 2000 = 62%. **Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax:** El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación 5

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

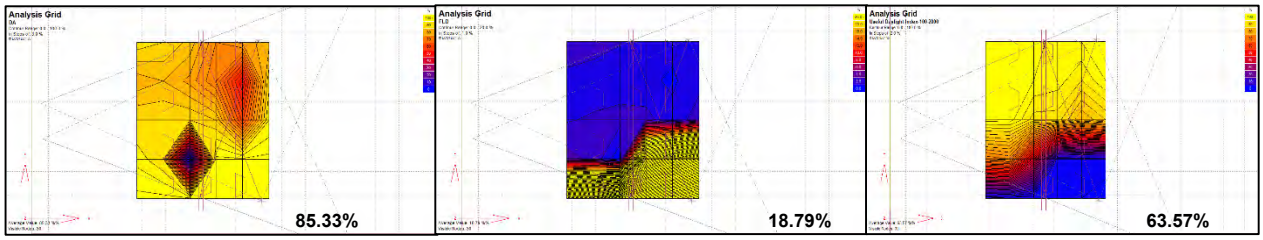
Daylight Factor (DF): El 63% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 39% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 34%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 55%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

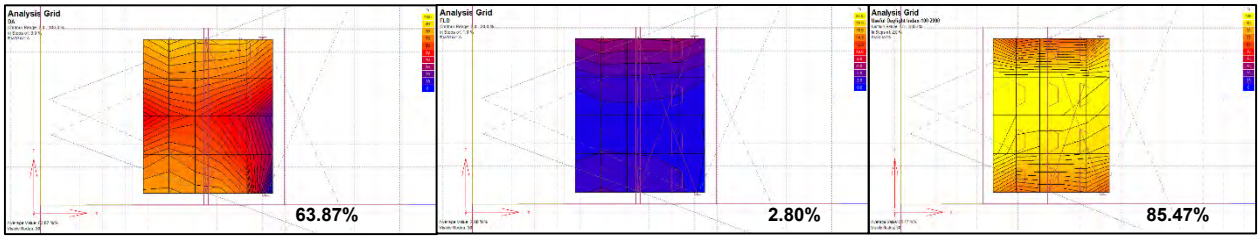
Daylight Factor (DF): El 60% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 57%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 43%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 63% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 89%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 34%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 55%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 83% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

7.8.4.1.4 CONCLUSIONES DE FACTOR REFLECTANCIAS

Una vez analizado todos los casos de reflectancias, sin lugar a duda al igual que la experimentación con el modelo físico tridimensional, el caso más extremo es la combinación 1, donde comparado con el caso base aumenta los niveles lumínicos en un 200%, sin embargo, los resultados obtenidos en Radiance nos arrojan grandes deslumbramientos y contrastes con valores superiores a las 300 cd/m2, el caso 3,4,5 reduce en buena medida los niveles lumínicos concluyendo que el plafón es aquel elementos constructivo que nos apoya mucho más en la distribución del factor lumínico; por lo tanto, el mejor caso como con el modelo físico tridimensional es aquel donde se mantiene el plafón blanco con una reflectancia recomendada de 80% o superior para obtener buenos niveles lumínicos, muros tonos pastel mate con reflectancias del 50 al 70 % como máximo donde no tenga incidencias directas de sol para evitar deslumbramientos y aquellos (fachadas) donde incida el sol recomendable posean reflectancias del 40% para mantener nulos deslumbramientos y mejorar la calidad visual, mientras que de acuerdo a la simulación arrojada por Daysim, solo la combinación A bajo esas condiciones lumínicas, el espacio calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

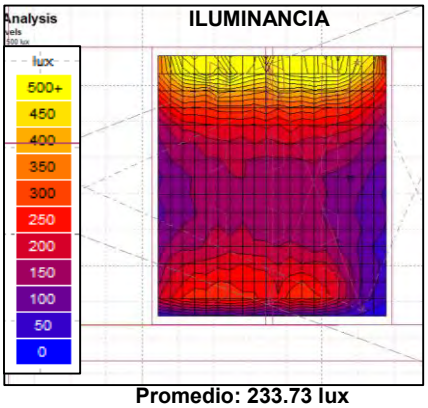
7.8.4.4 FACTOR OBSTRUCCIONES

Siguiendo la misma metodología del caso experimental se procederá al análisis en base las siguientes combinaciones de obstrucciones:

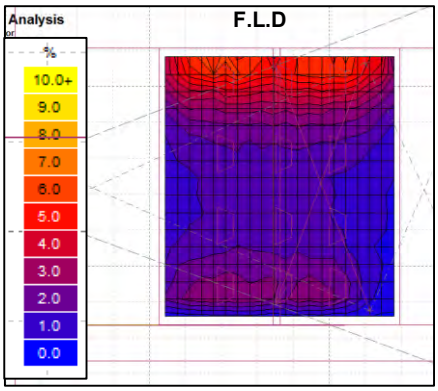
1) Combinación A (Distancia 5 m + Altura 3 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)
2) Combinación AA (Distancia 5 m + Altura 3 m + Muro marrón con reflectancia baja 30%)
3) Combinación B (Distancia 10 m + Altura 6 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)
4) Combinación BB (Distancia 10 m + Altura 6 m + Muro marrón con reflectancia baja 30%)
5) Combinación C (Distancia 15 m + Altura 10 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)
6) Combinación CC (Distancia 15 m + Altura 10 m + Muro marrón con reflectancia baja 30%)
7) Combinación EXTRA (Distancia 5 m + Altura 15 m + Muro blanco con reflectancia alta 80%)

7.8.4.4.1 ECOTECT ANALYSIS 2011

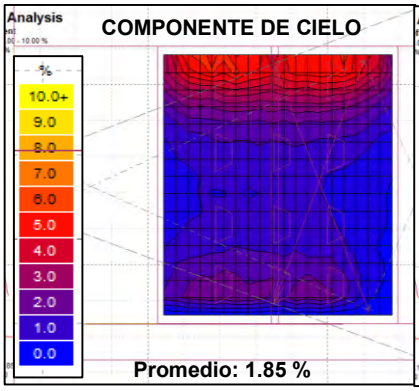
Combinación A



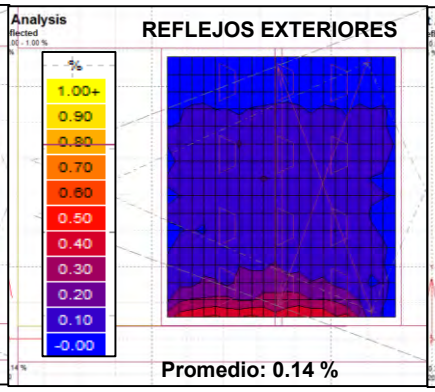
Promedio: 233.73 lux



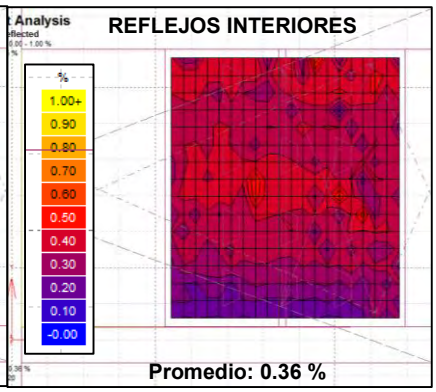
Promedio: 2.35 %



Promedio: 1.85 %

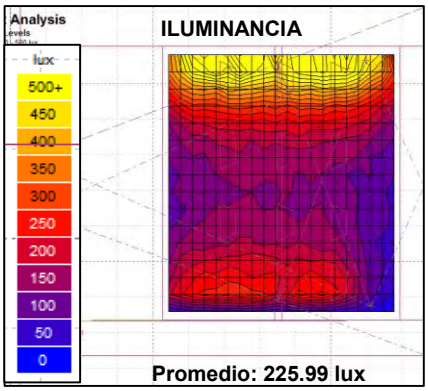


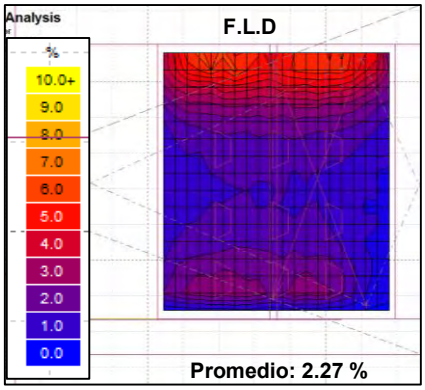
Promedio: 0.14 %

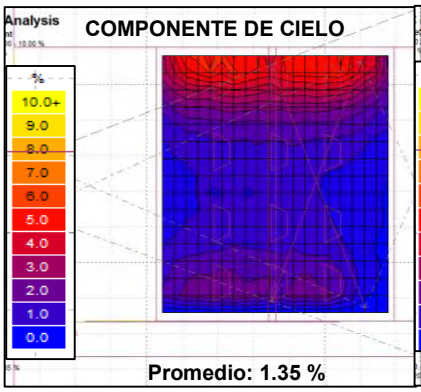


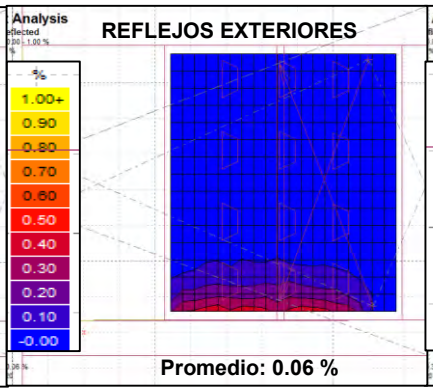
Promedio: 0.36 %

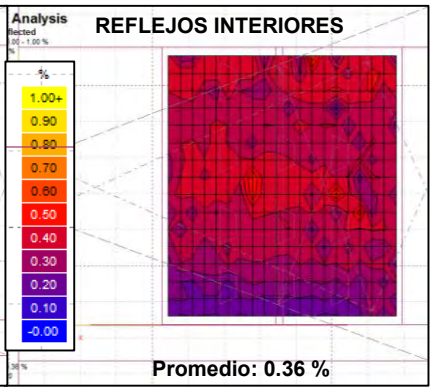
Combinación AA



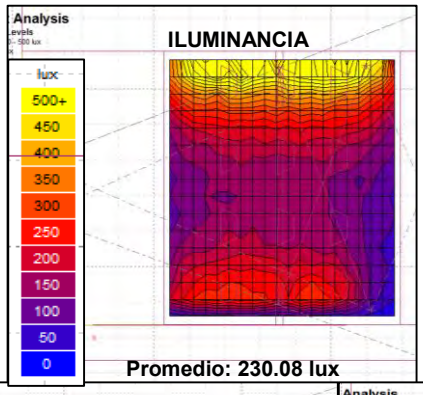


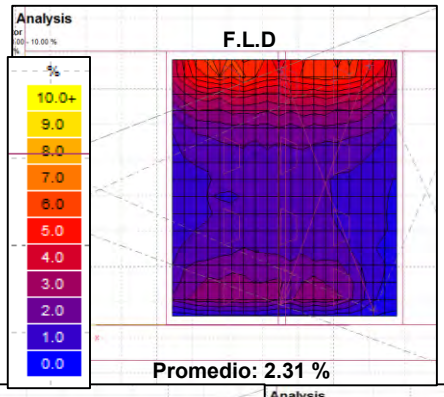


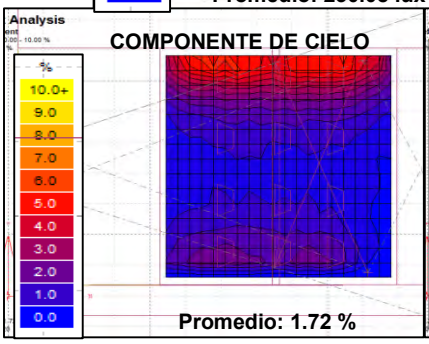


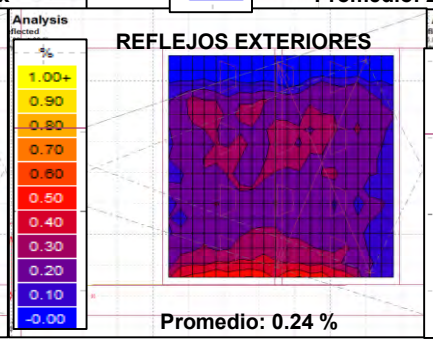


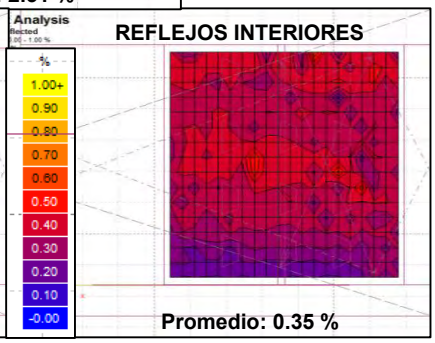
Combinación B



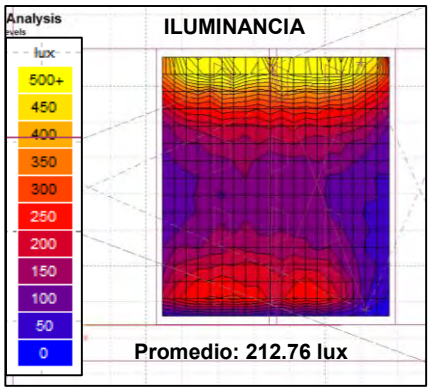


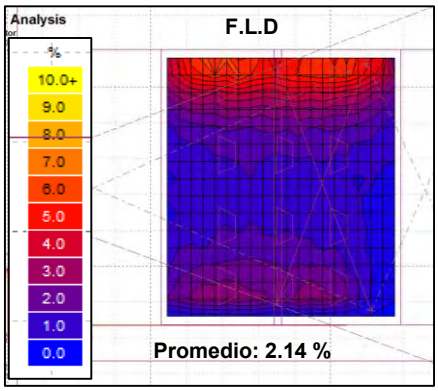


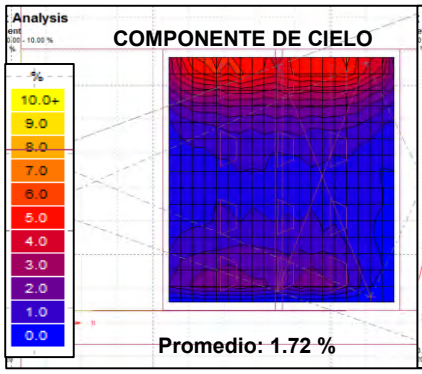


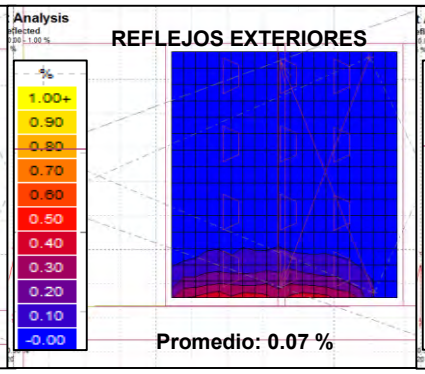


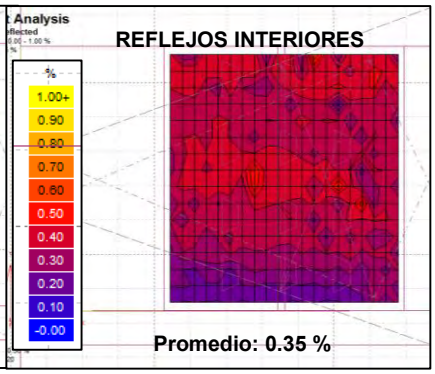
Combinación BB



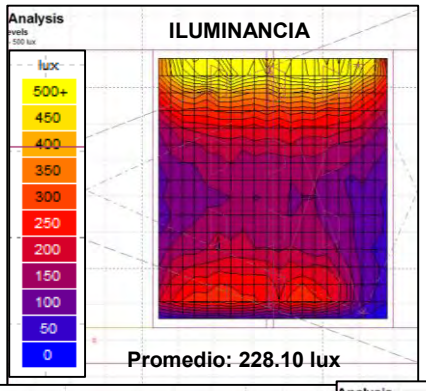


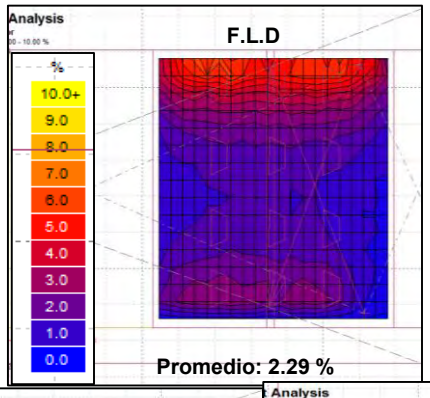


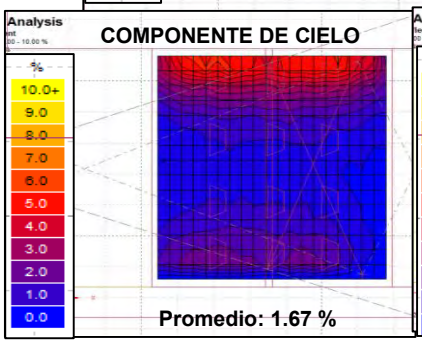


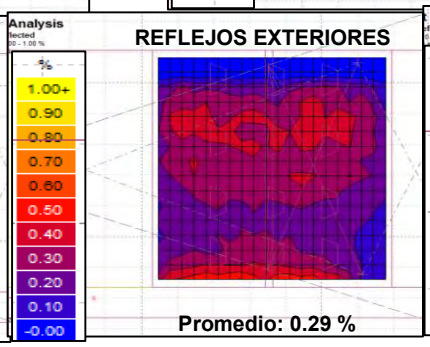


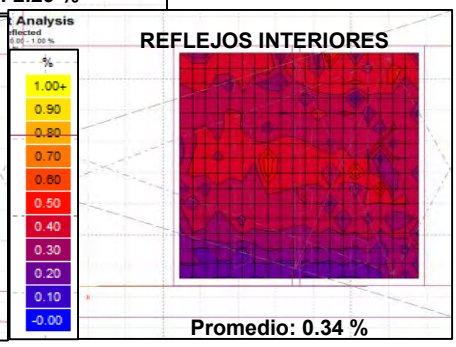
Combinación C



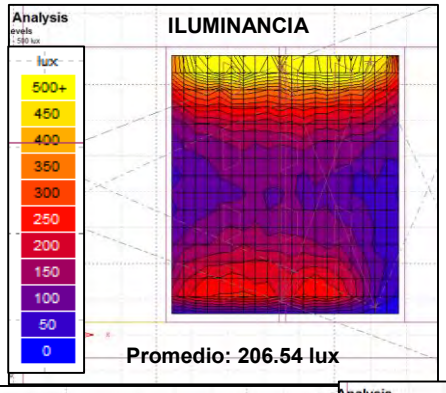


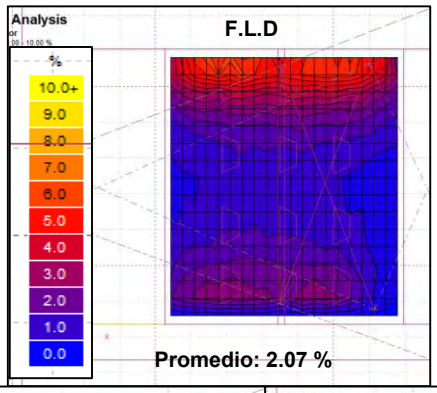


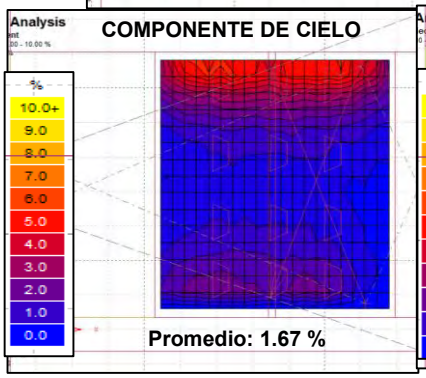


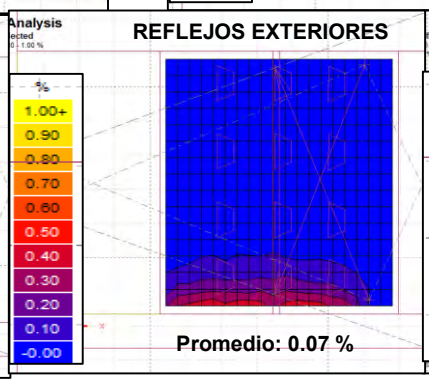


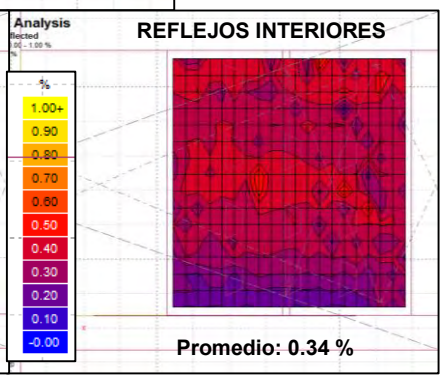
Combinación CC



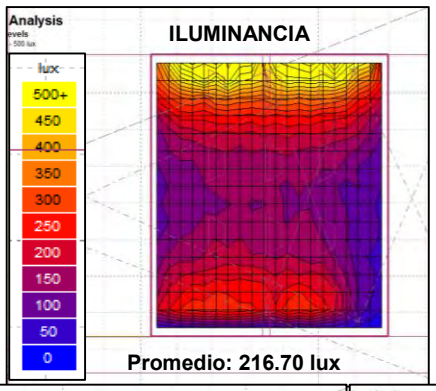


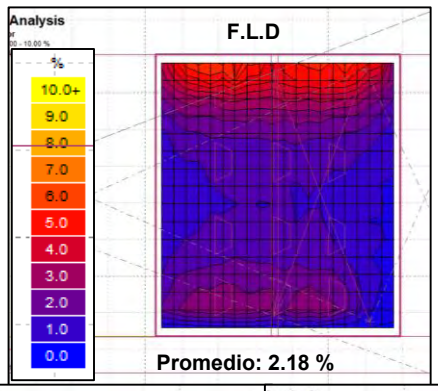


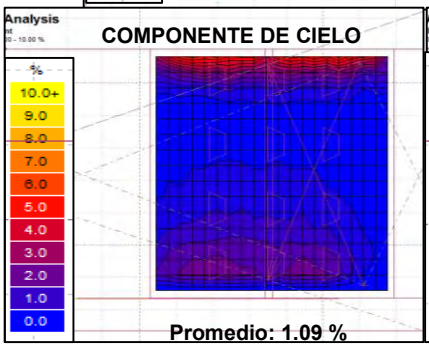


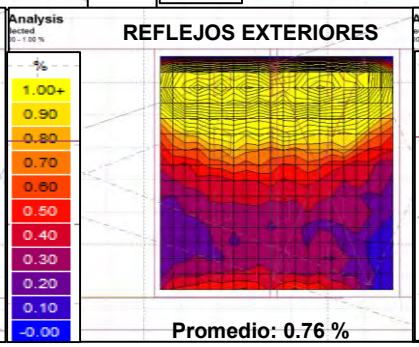


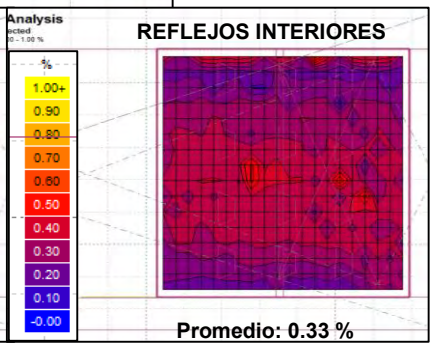
Combinación EXTRA







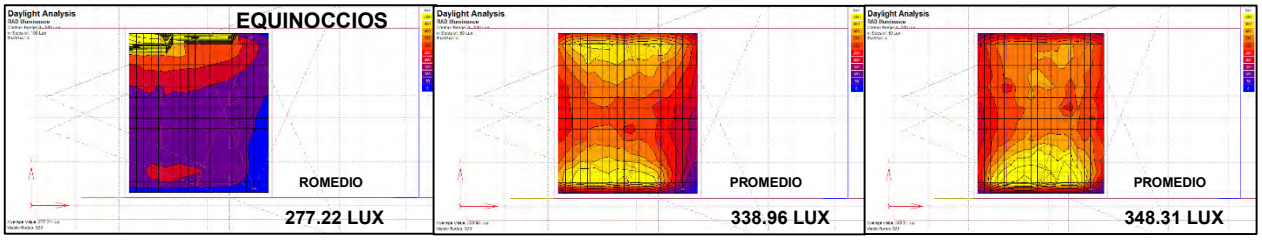




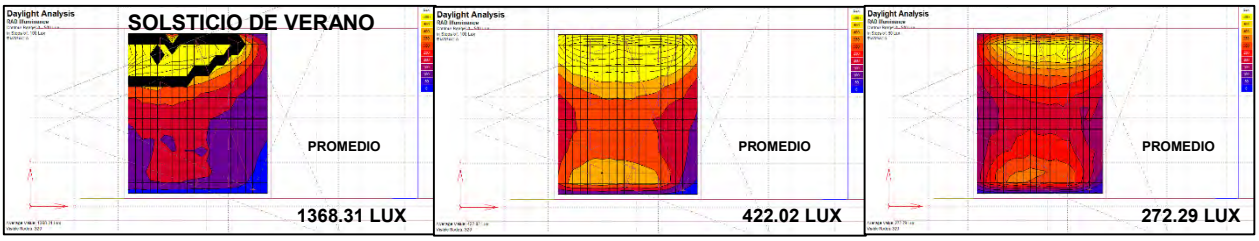
7.8.4.4.2 RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA

Combinación A

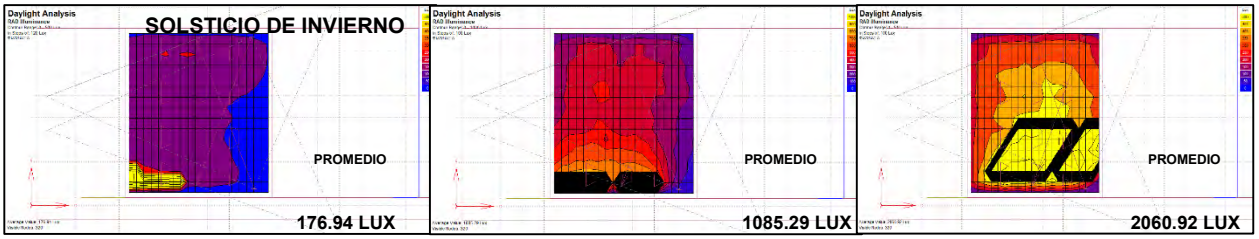
***Iluminancias:**



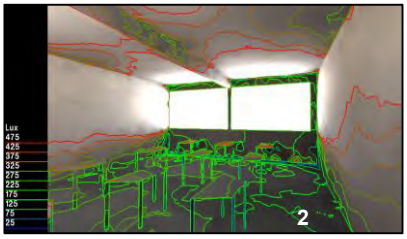
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

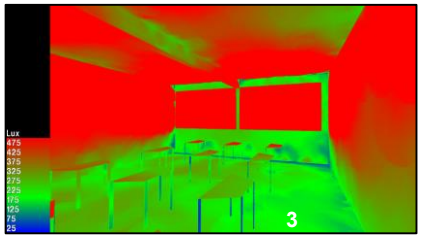


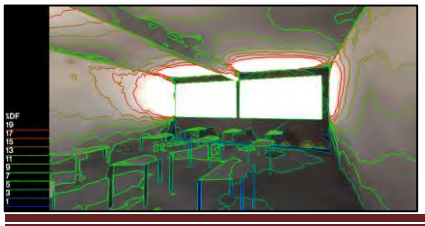
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







CAMARA 1:

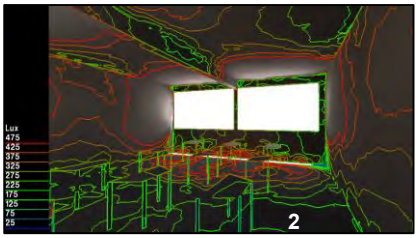
1.- Sensación humana

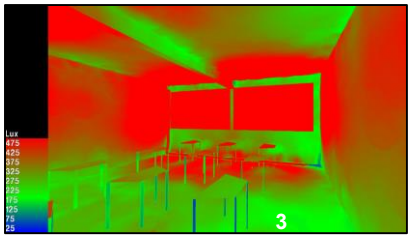
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Equinoccios 12 PM





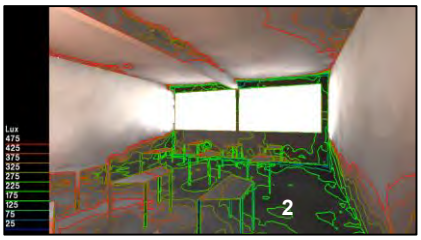
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

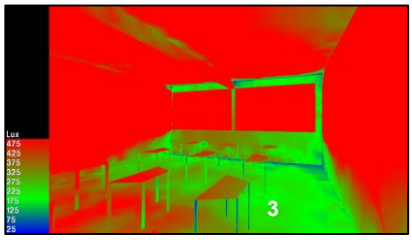
1.- Sensación humana

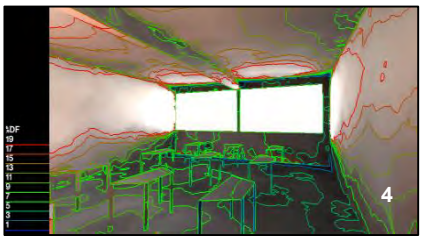
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







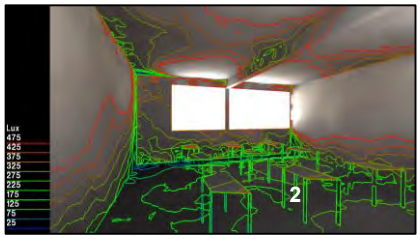
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

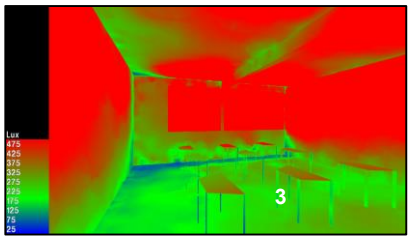
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





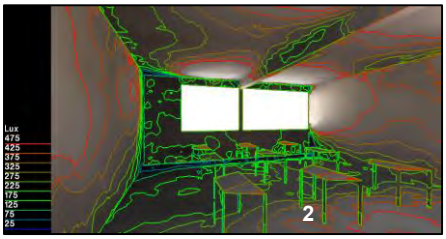
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

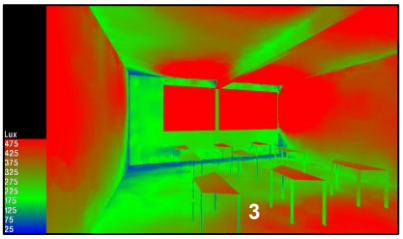
1.- Sensación humana

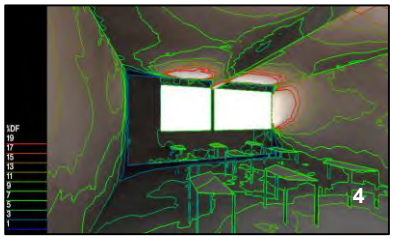
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







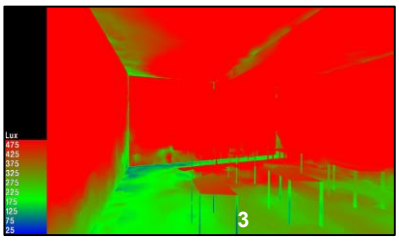
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

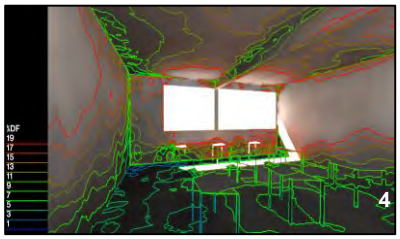
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

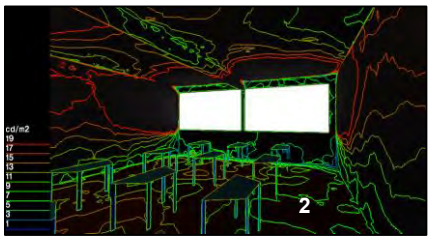
2.-Curvas de nivel de iluminancia

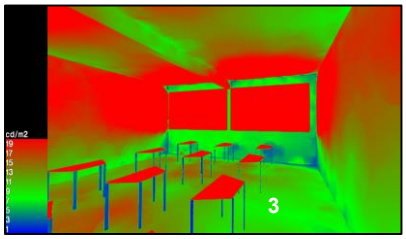
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

**Luminancias*

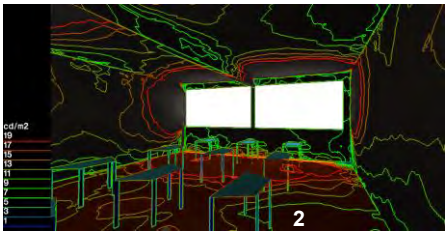
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

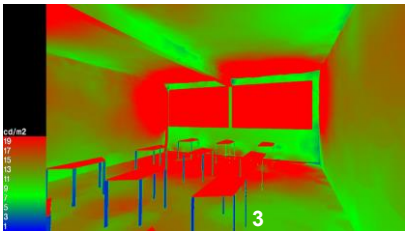




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

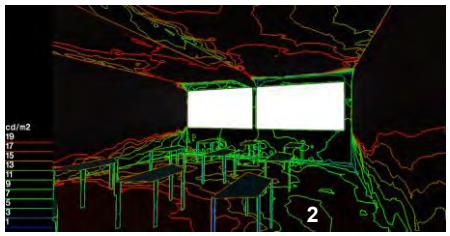
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

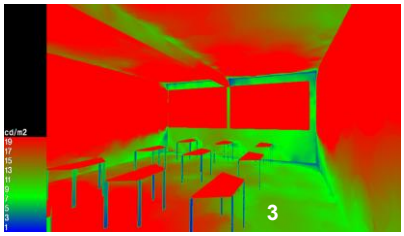




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

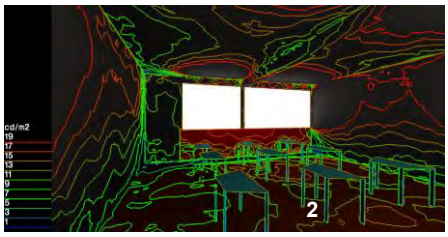
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

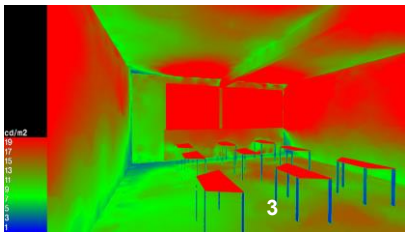




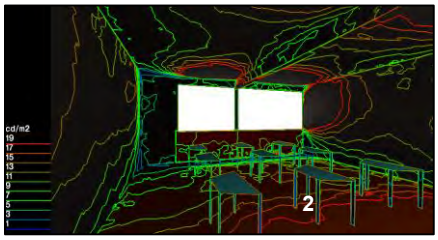
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

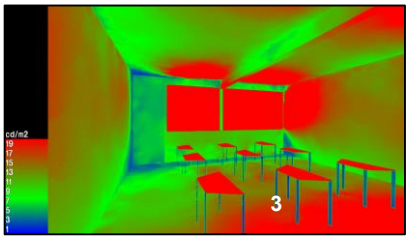
CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**





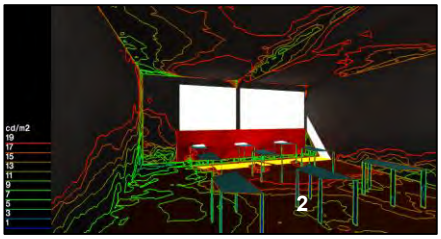
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

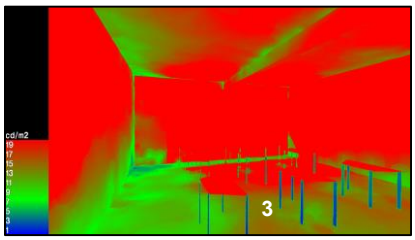




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

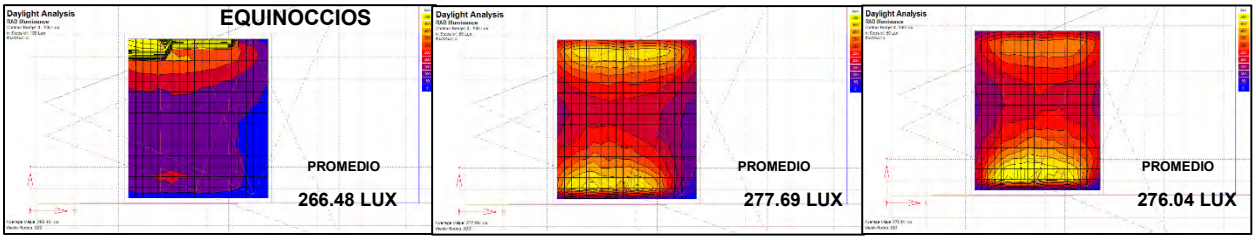




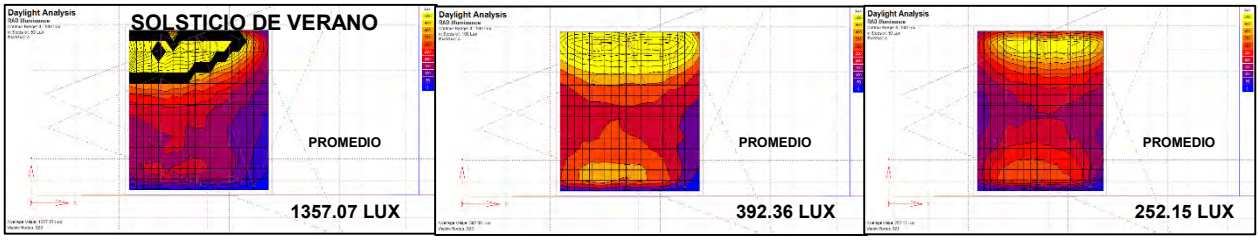
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

Combinación AA

*Iluminancia:

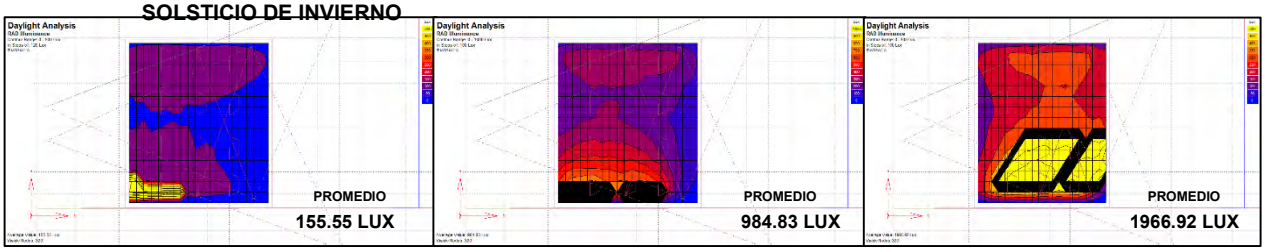


8:00 AM 12:00 PM 4:00 PM

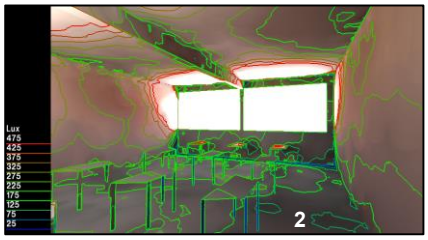


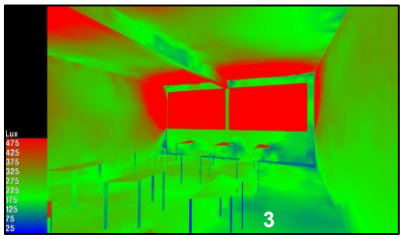
8:00 AM 12:00 PM 4:00 PM

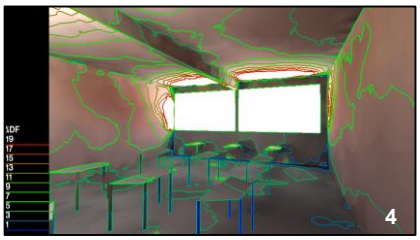
SOLSTICIO DE INVIERNO



8:00 AM 12:00 PM 4:00 PM







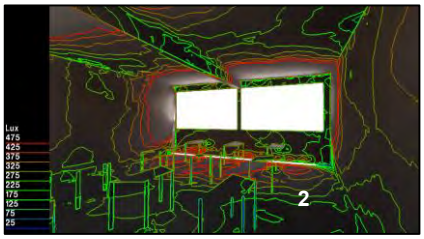
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

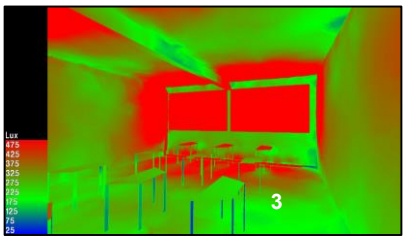
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





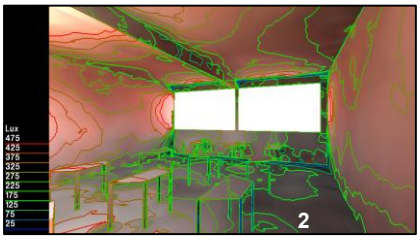
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

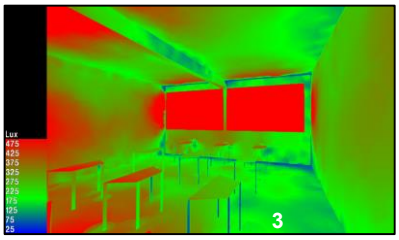
1.- Sensación humana

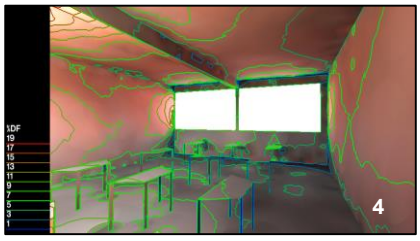
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







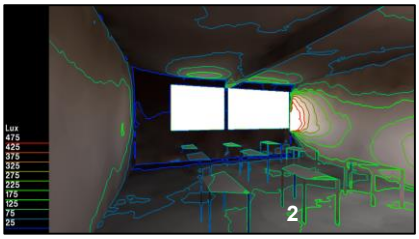
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

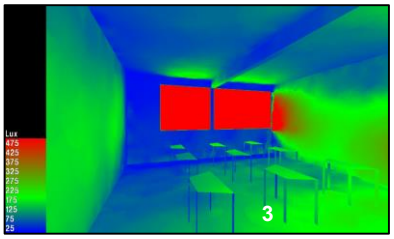
1.- Sensación humana

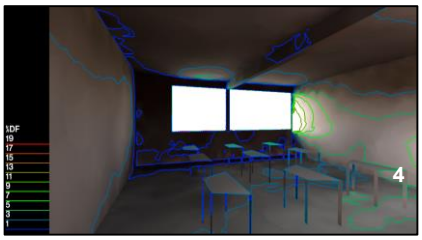
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







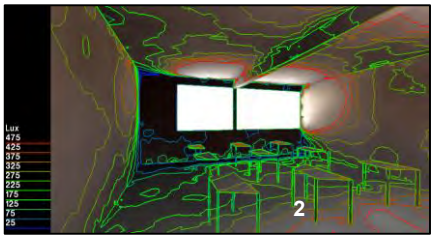
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

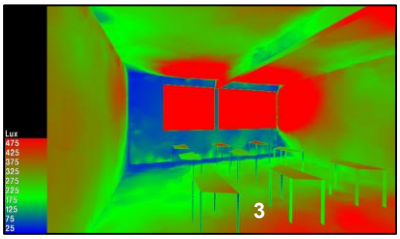
1.- Sensación humana

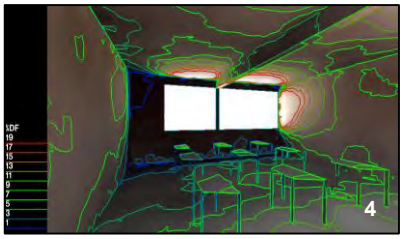
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







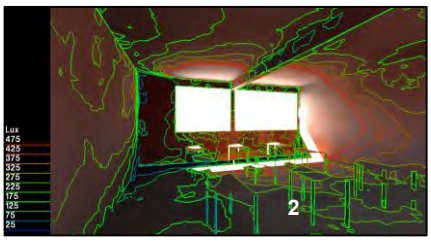
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

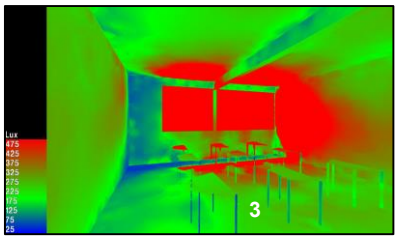
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

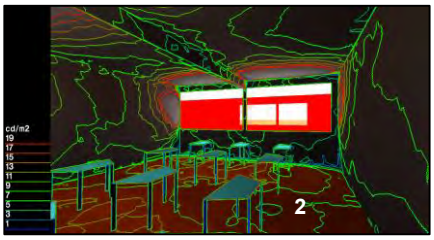
2.-Curvas de nivel de iluminancia

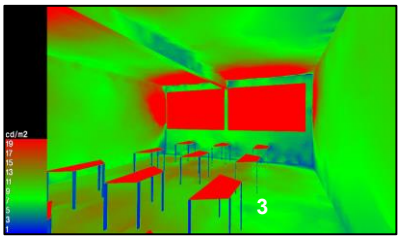
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias

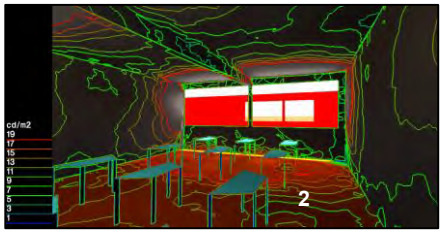
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

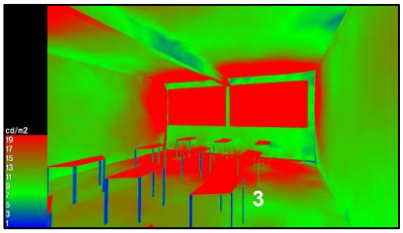




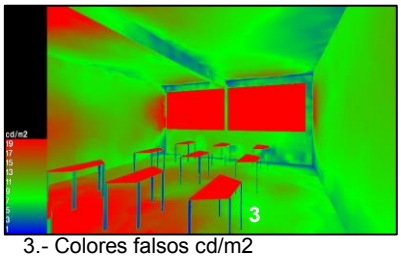
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**



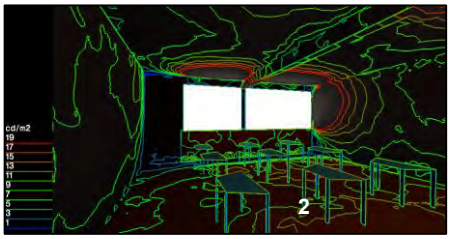


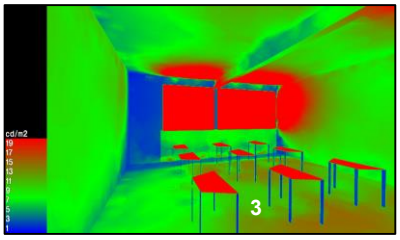
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

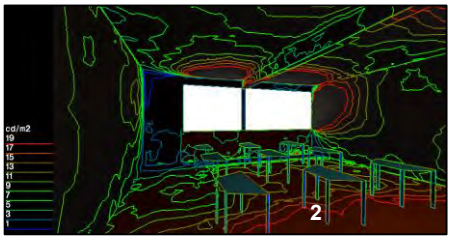
CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

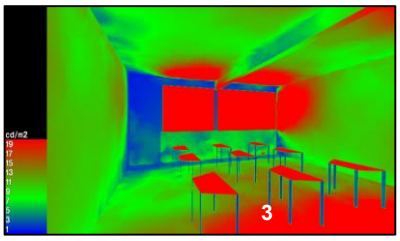




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

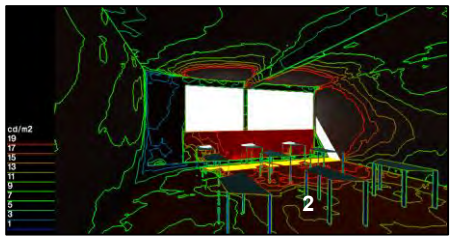
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

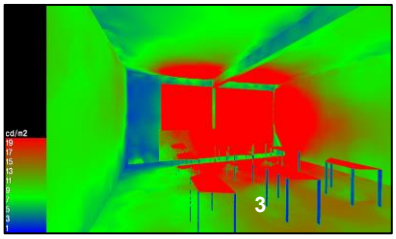




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

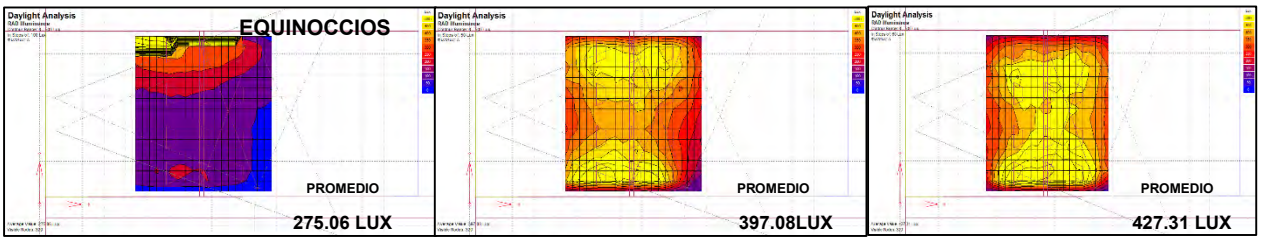




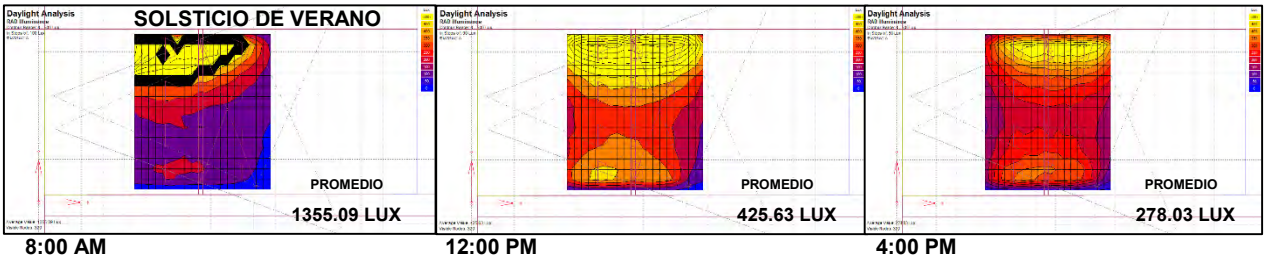
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

***Combinación* B**

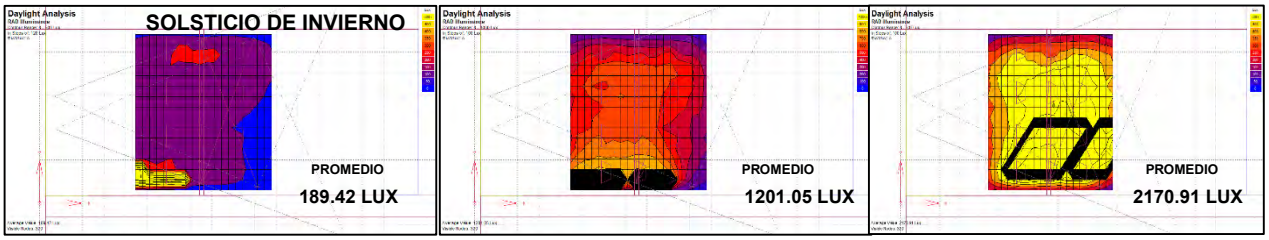
***Iluminancia:**



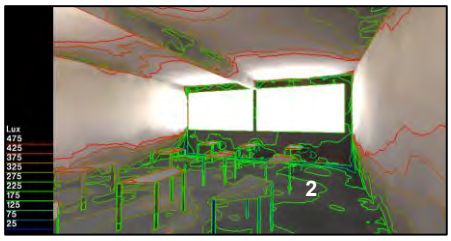
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

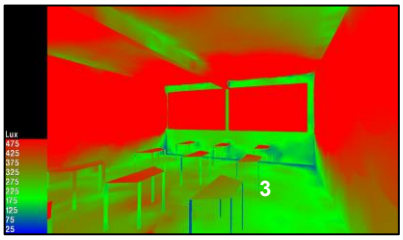


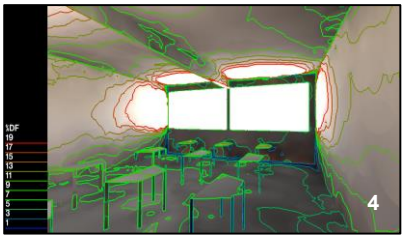
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







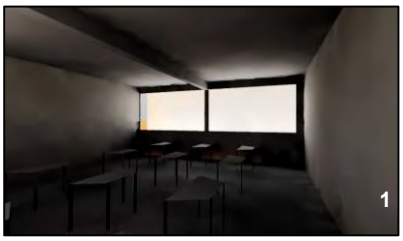
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

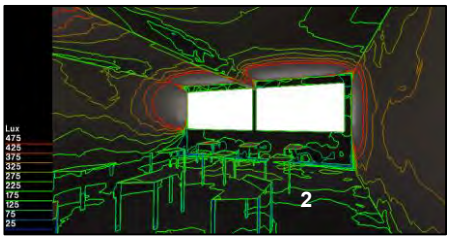
1.- Sensación humana

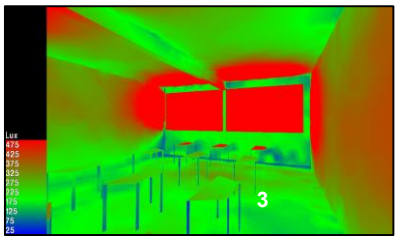
2.-Curvas de nivel de iluminancia

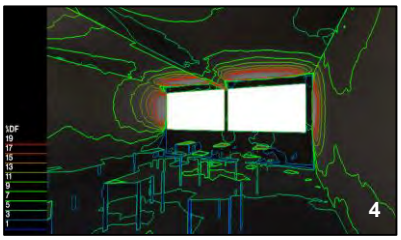
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D









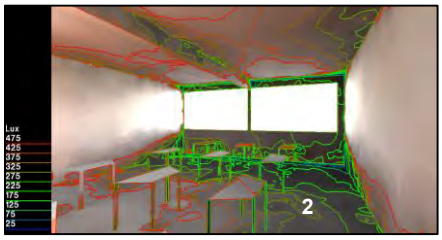
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

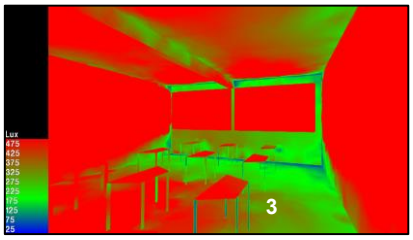
1.- Sensación humana

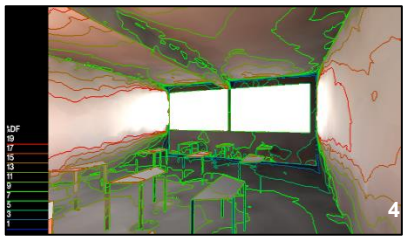
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







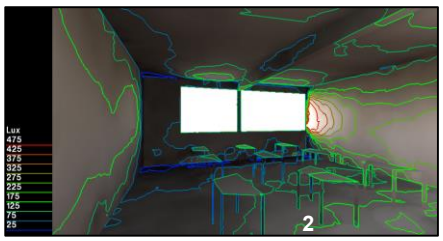
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

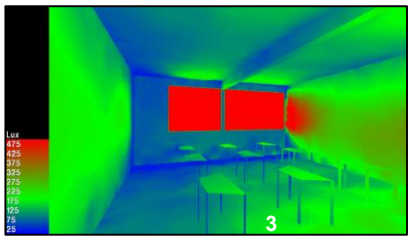
1.- Sensación humana

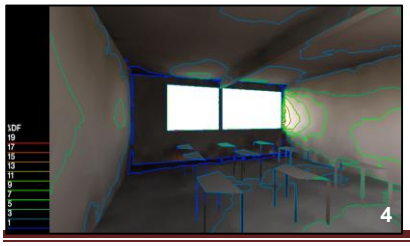
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







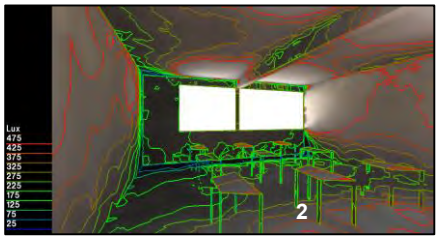
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

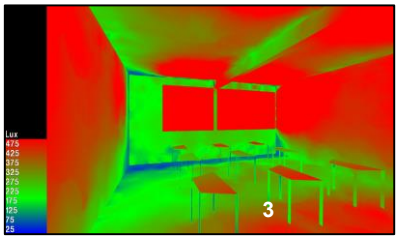
1.- Sensación humana

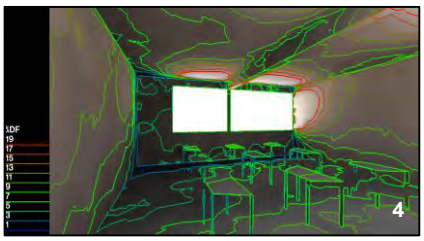
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







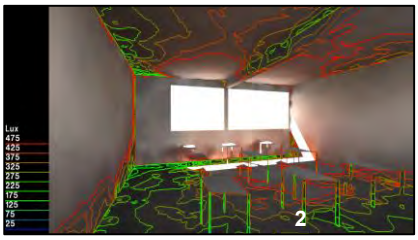
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

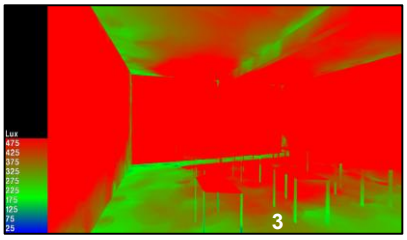
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

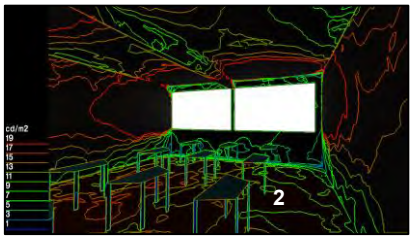
2.-Curvas de nivel de iluminancia

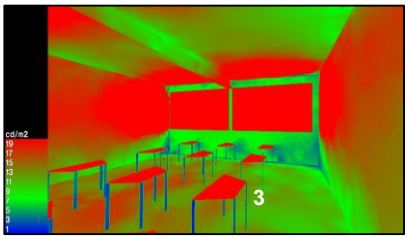
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

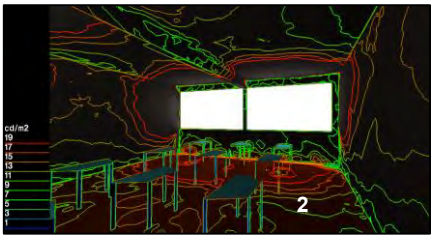




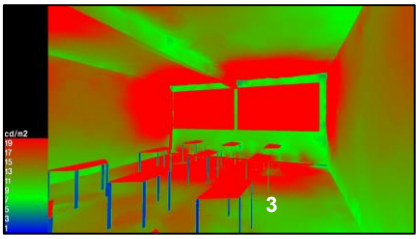
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



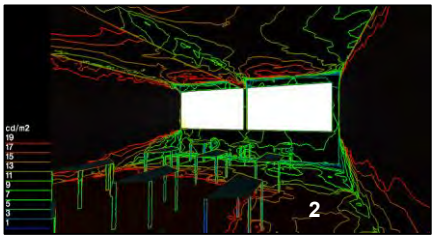
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



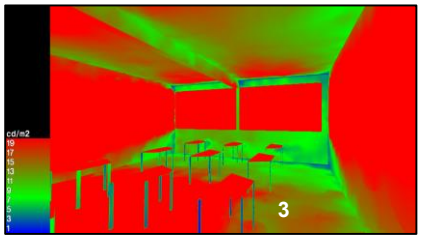
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



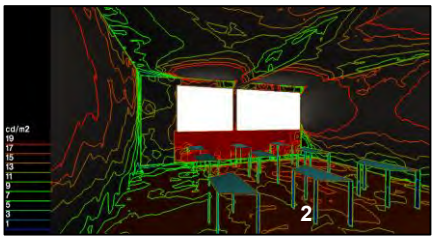
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



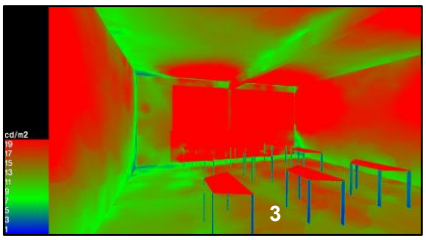
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana



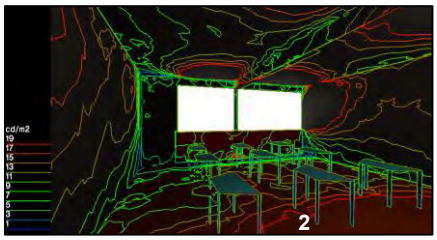
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



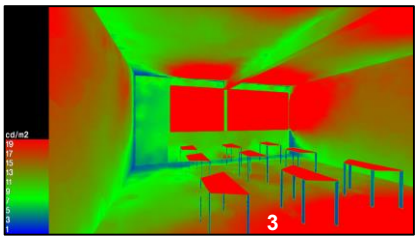
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



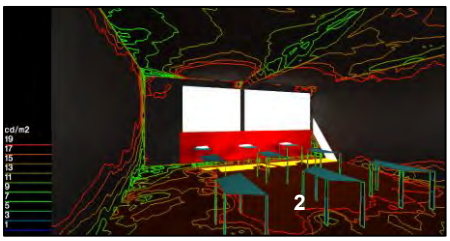
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



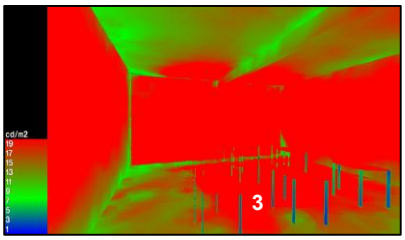
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



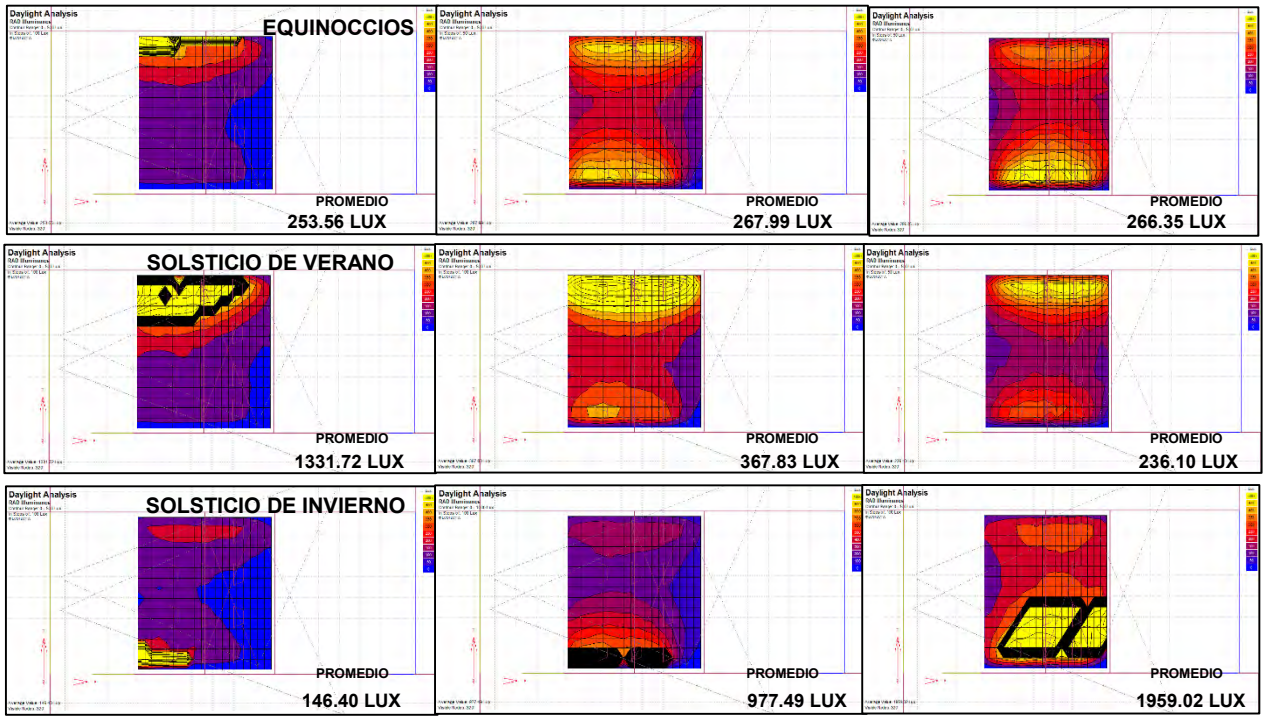
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



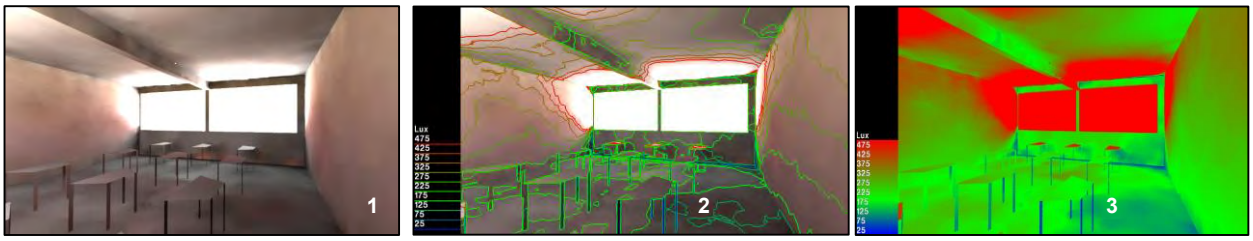
3.- Colores falsos cd/m2

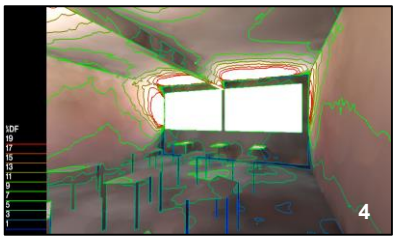
***Combinación* BB**

***Iluminancia:**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**





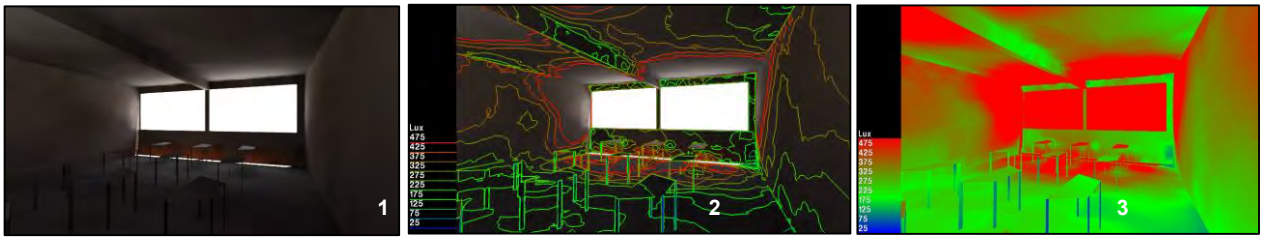
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

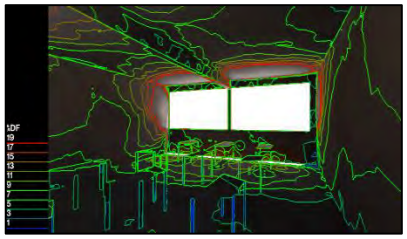
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





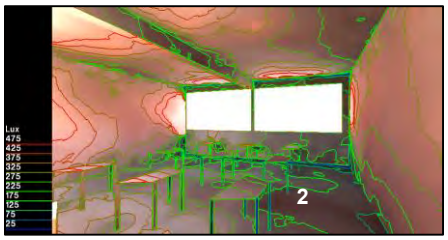
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

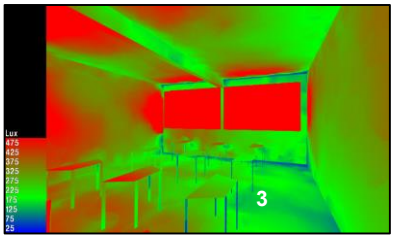
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





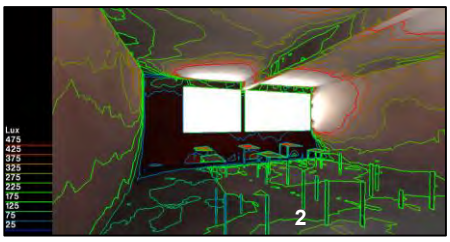
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

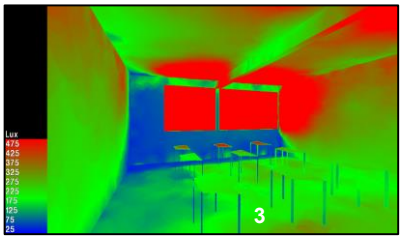
1.- Sensación humana

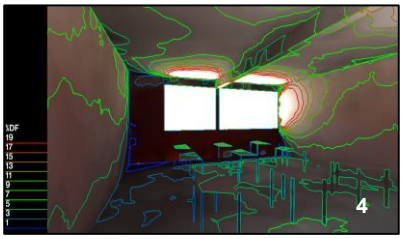
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







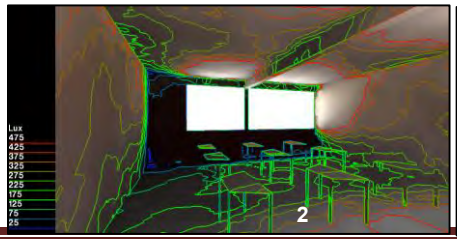
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

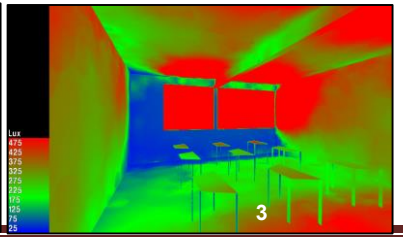
1.- Sensación humana

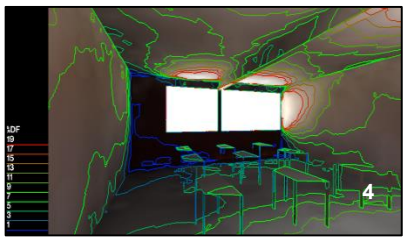
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







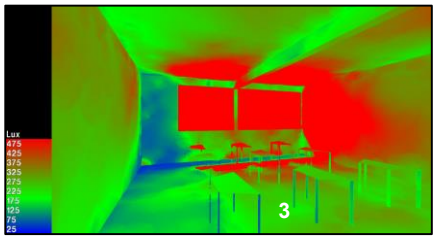
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D



CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

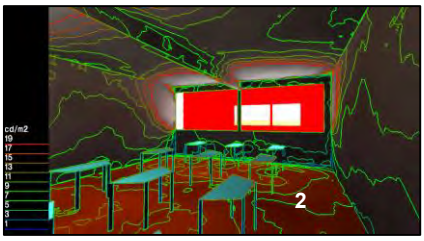
2.-Curvas de nivel de iluminancia

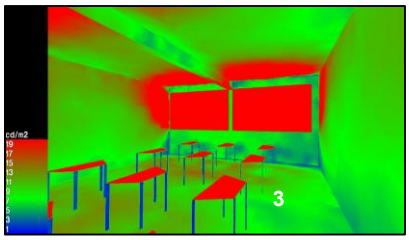
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

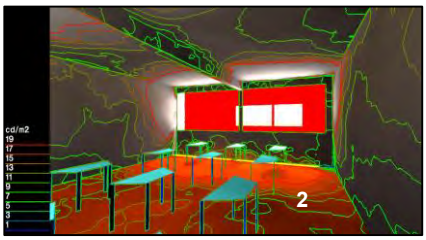
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

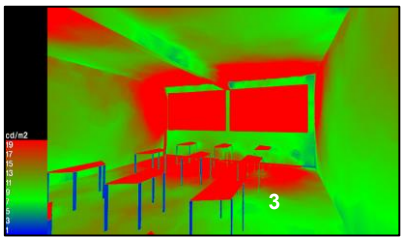




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

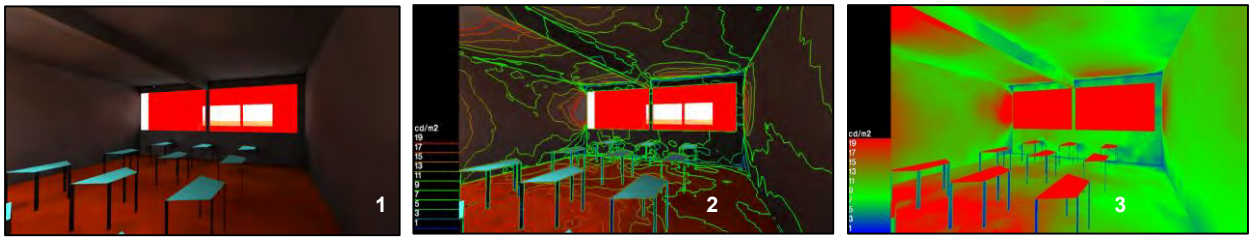
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**



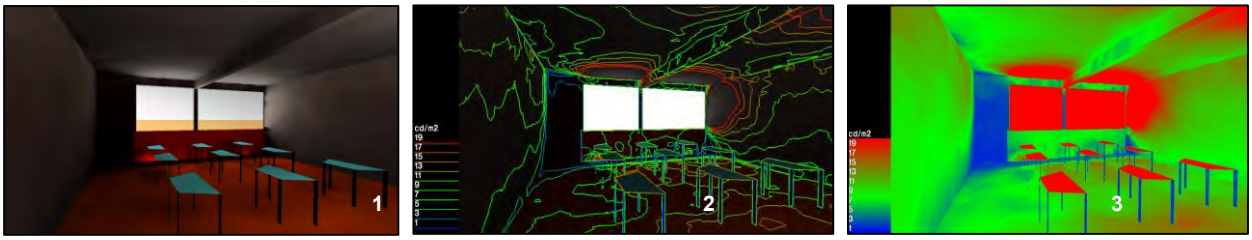


1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

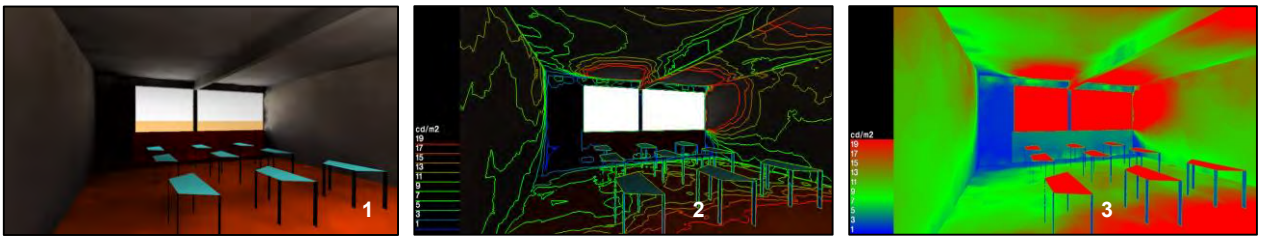


CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**



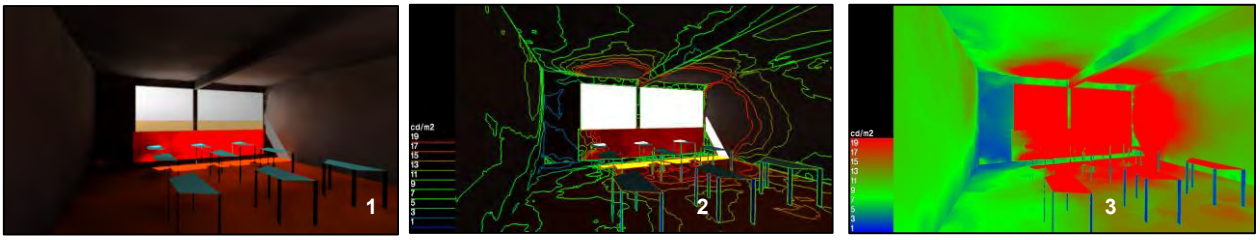
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

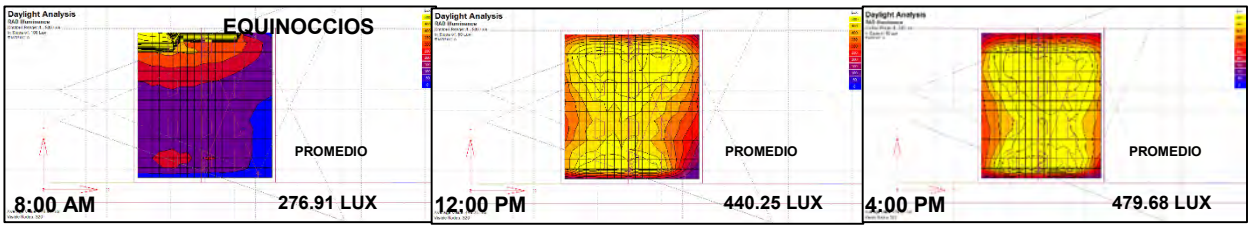
CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

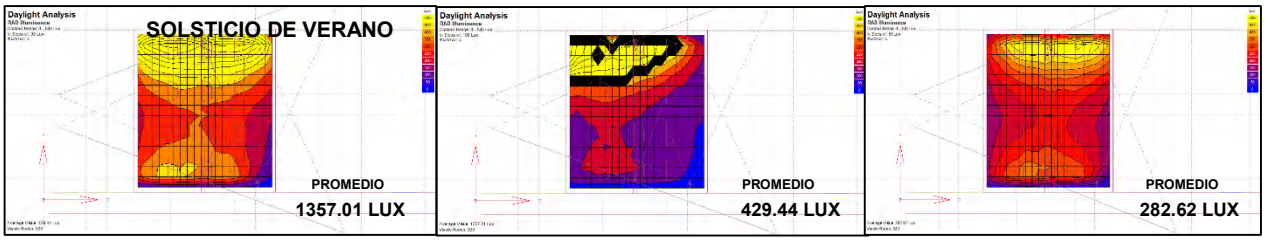


1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

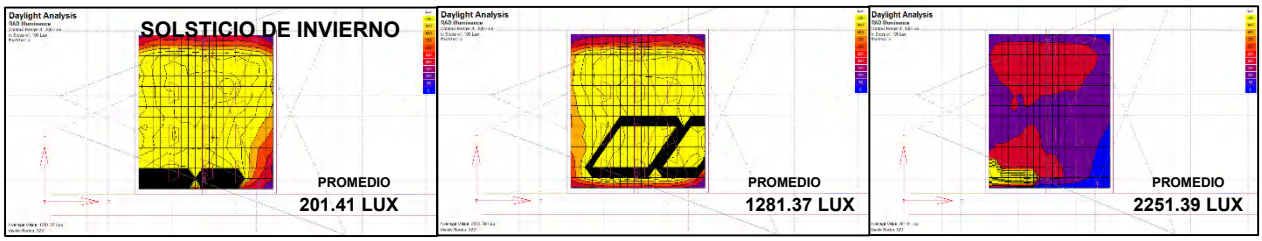
***Combinación* C**

***Iluminancia:**

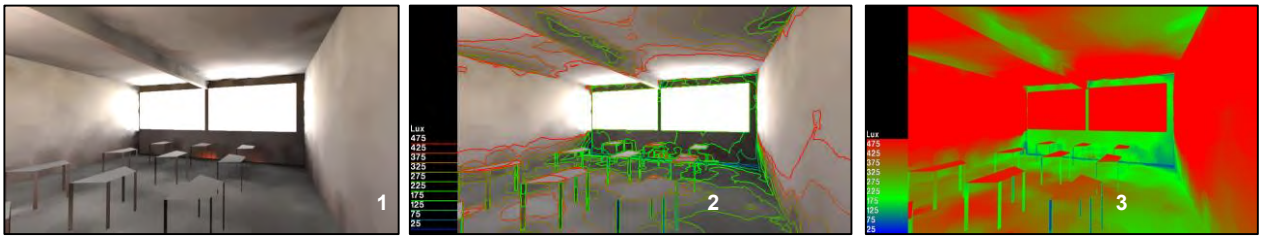


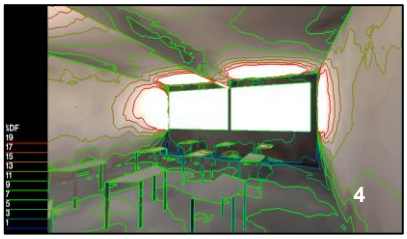


8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**





CAMARA 1:

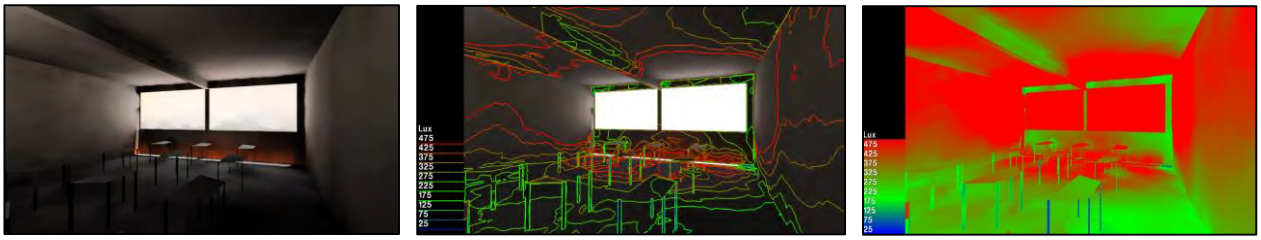
1.- Sensación humana

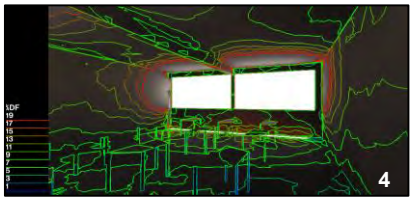
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Equinoccios 12 PM





CAMARA 1:

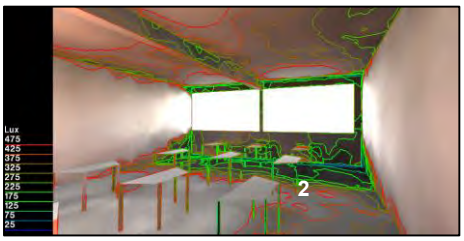
1.- Sensación humana

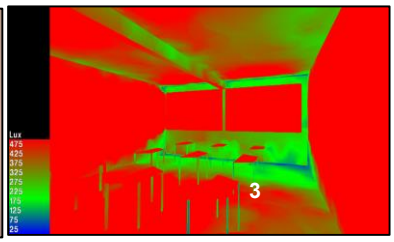
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Solsticio de Verano 12 PM





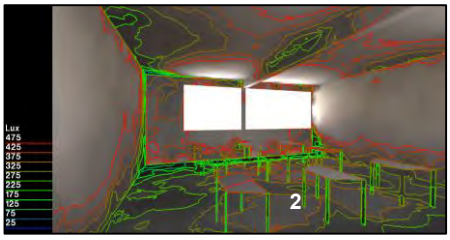
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

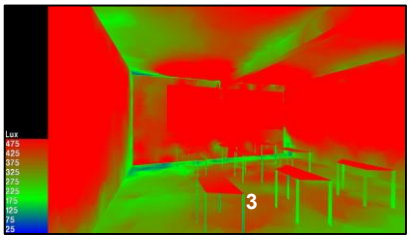
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

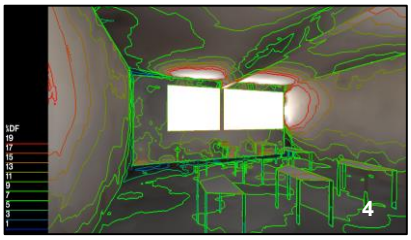
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

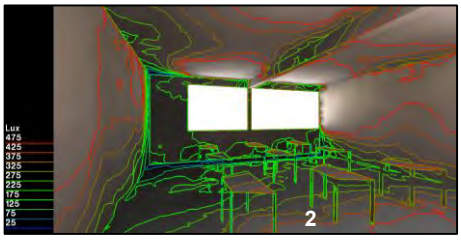


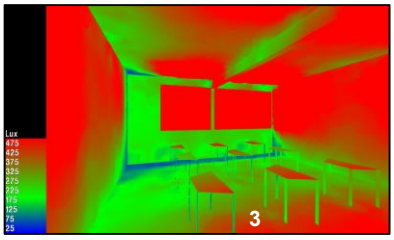
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

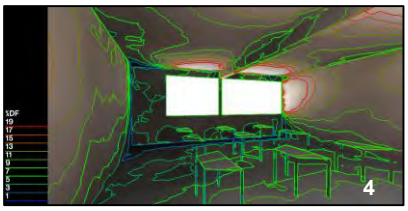
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

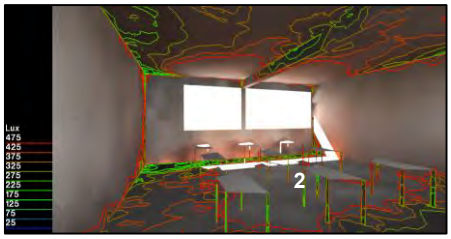


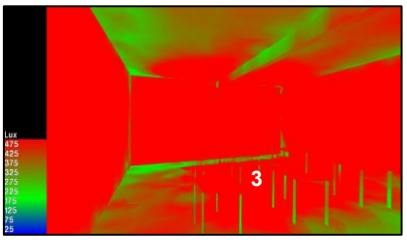
1.- Sensación humana

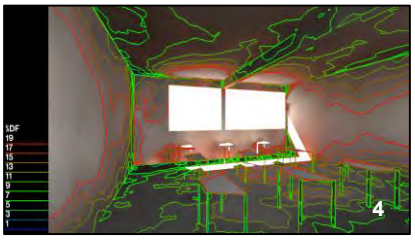
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

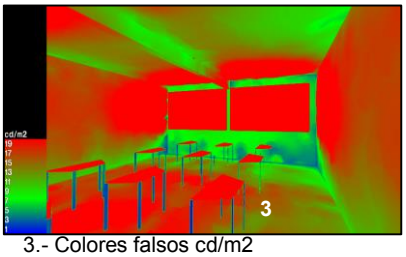
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

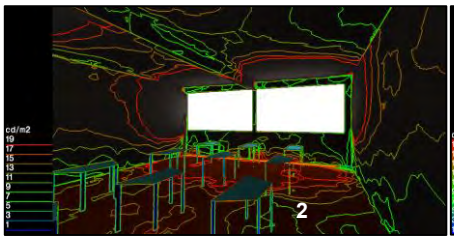
Luminancias:

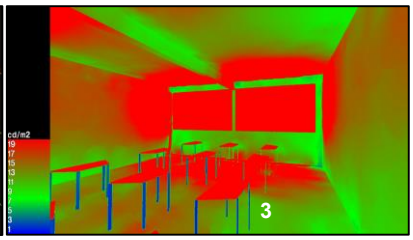
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

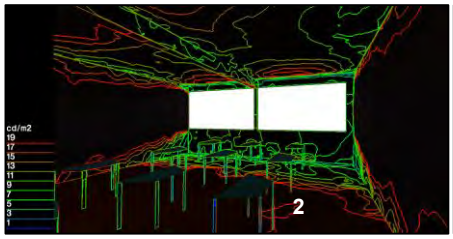
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

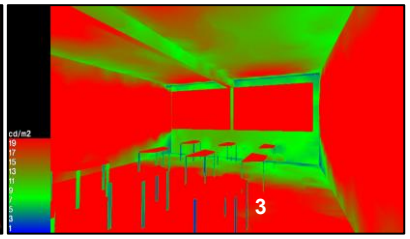




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

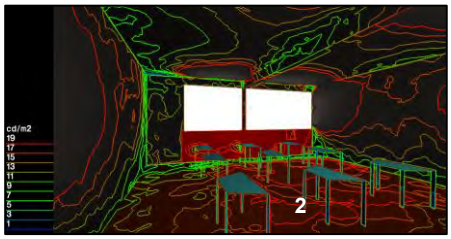
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

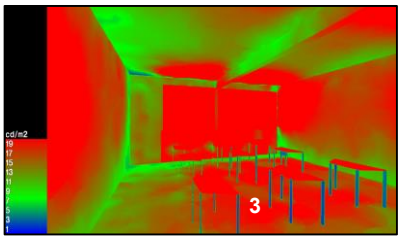




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

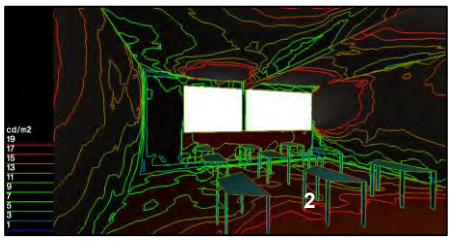
CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**





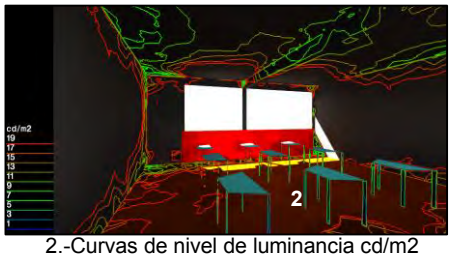
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

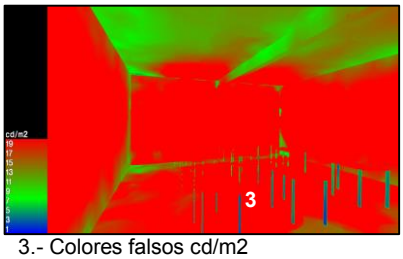
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**



1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

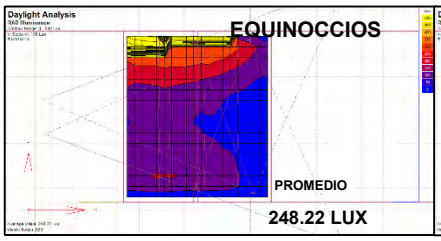


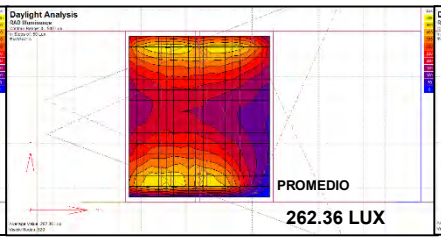


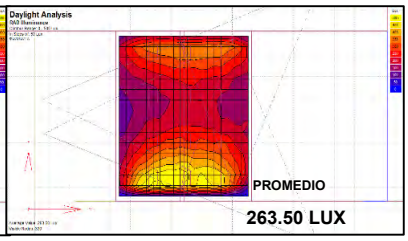
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

Combinación CC

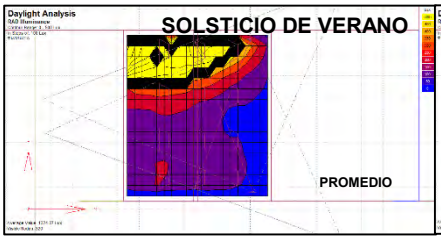
*Iluminancia:

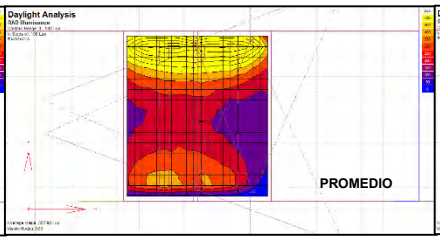


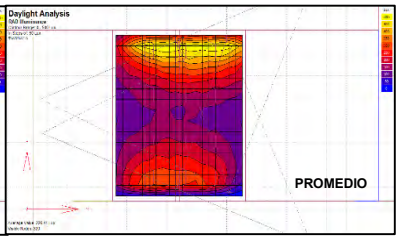




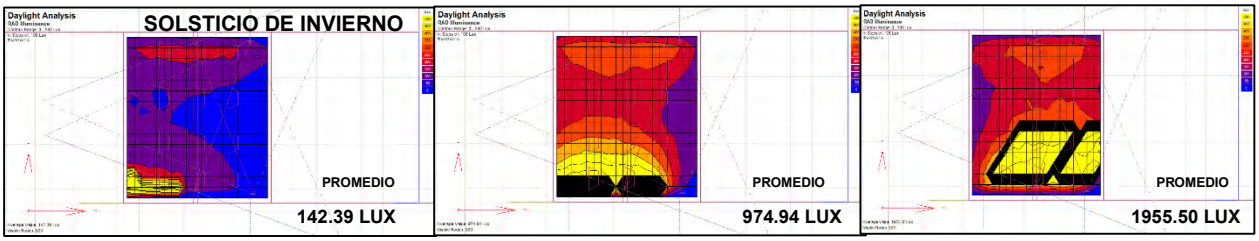
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



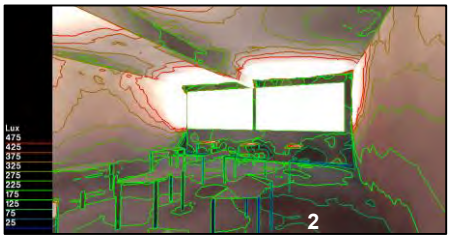


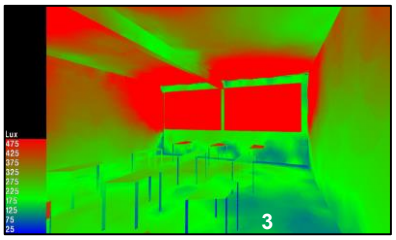


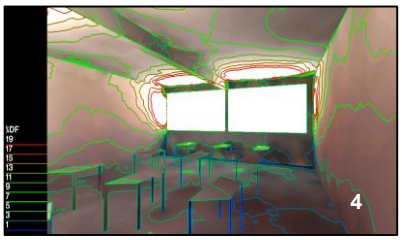
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







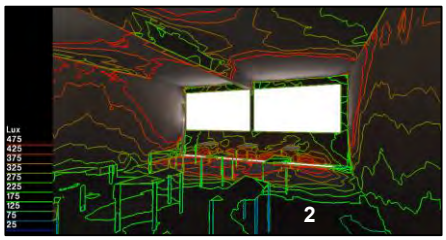
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

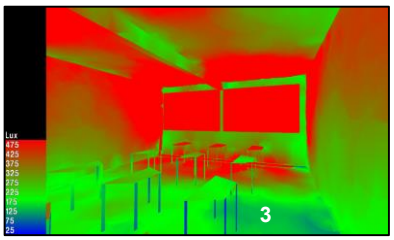
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





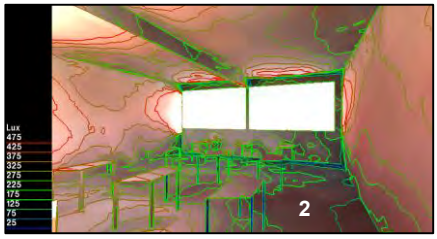
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

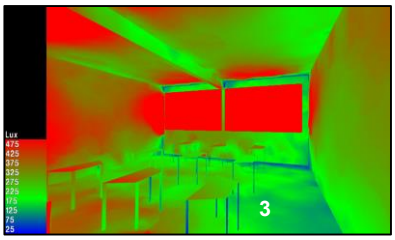
1.- Sensación humana

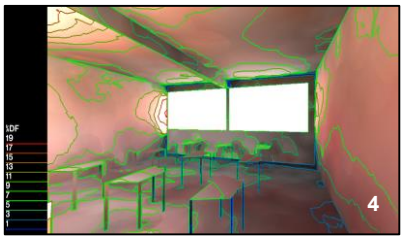
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







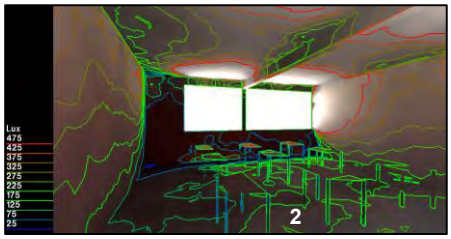
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

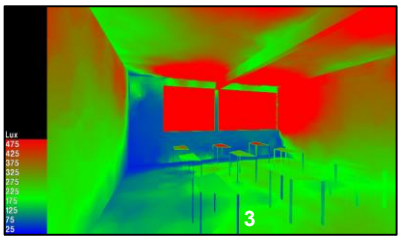
1.- Sensación humana

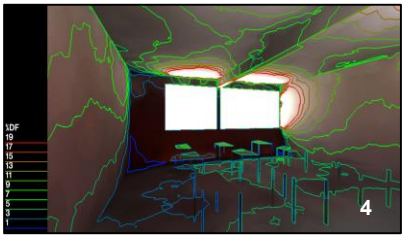
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







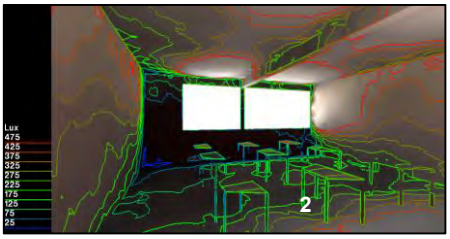
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

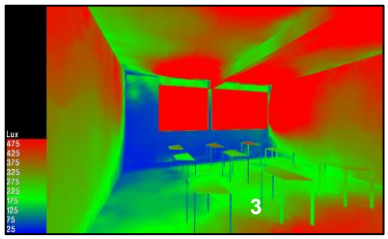
1.- Sensación humana

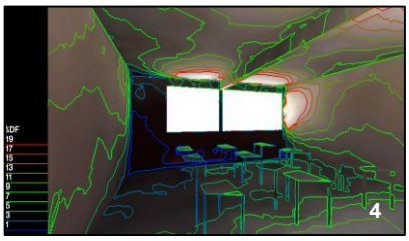
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







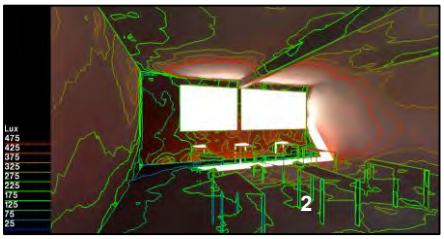
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

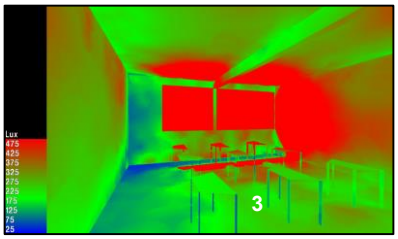
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

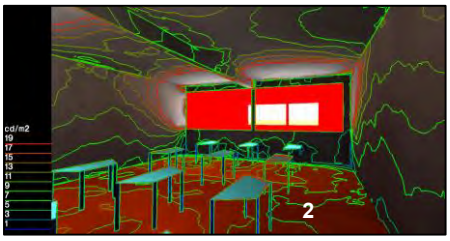
2.-Curvas de nivel de iluminancia

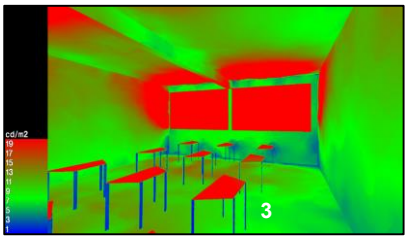
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

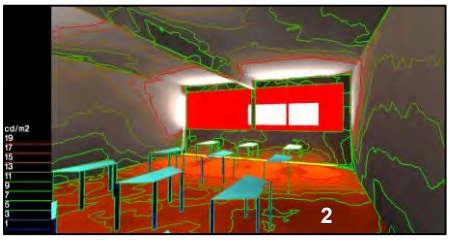
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

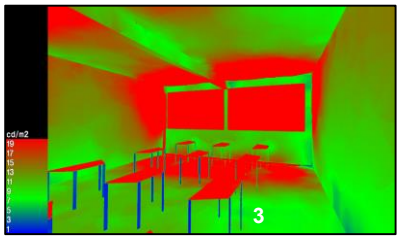




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

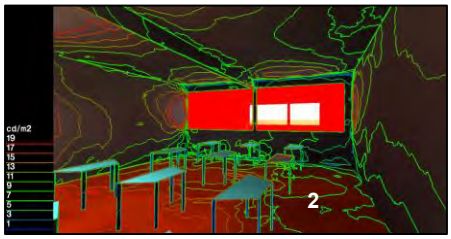
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

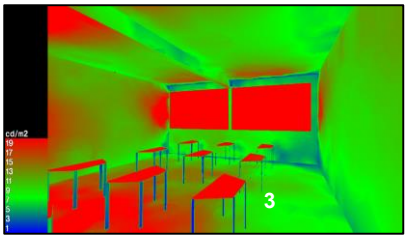




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

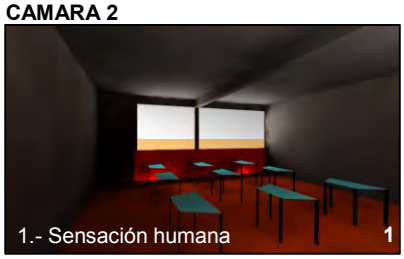
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

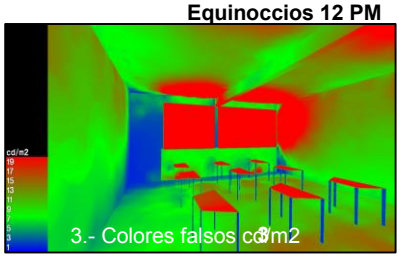




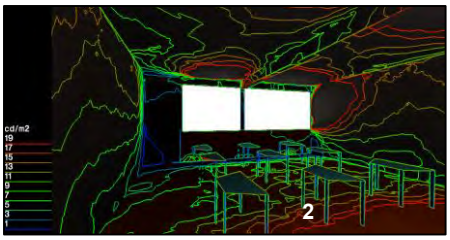
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

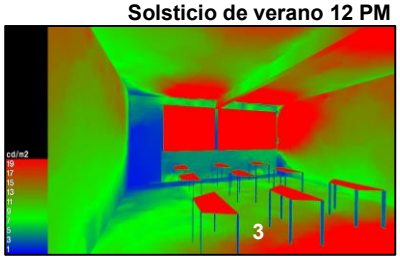
CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**





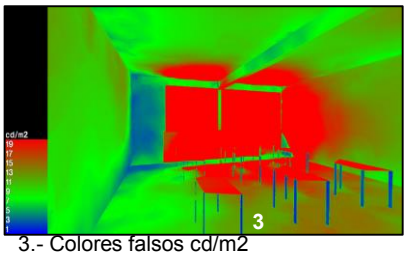
CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**





1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

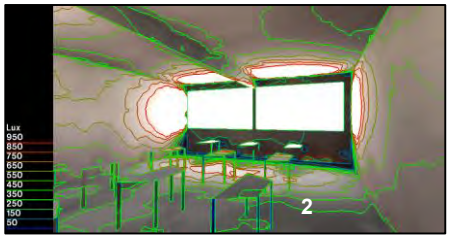
CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

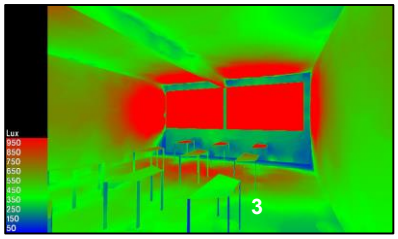


1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

Combinación EXTRA

*Iluminancia:





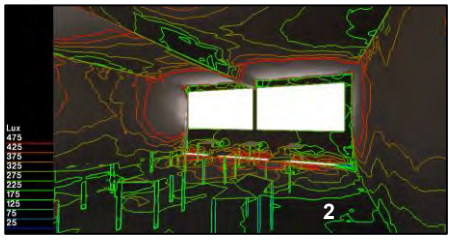
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

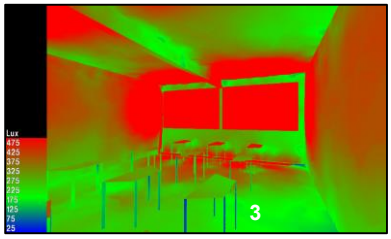
1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D





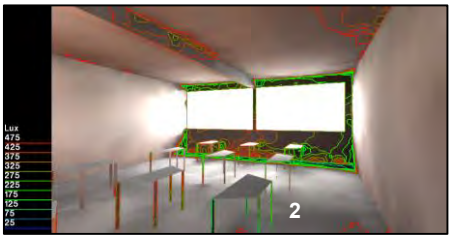
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

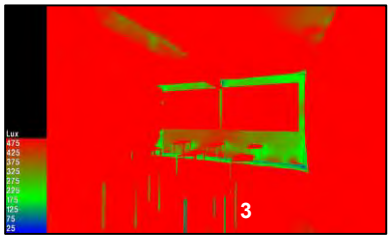
1.- Sensación humana

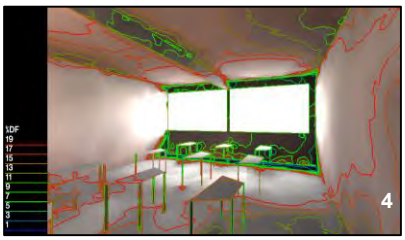
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







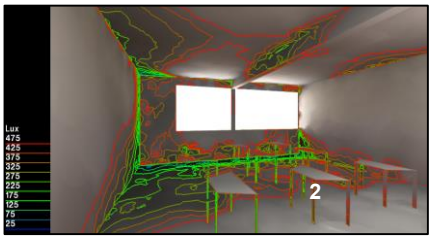
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

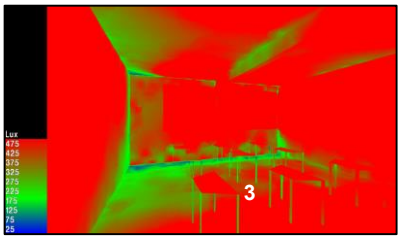
1.- Sensación humana

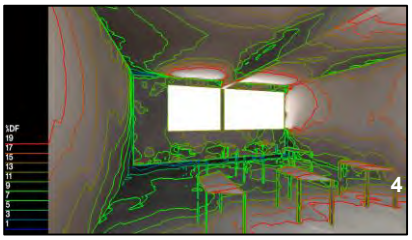
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







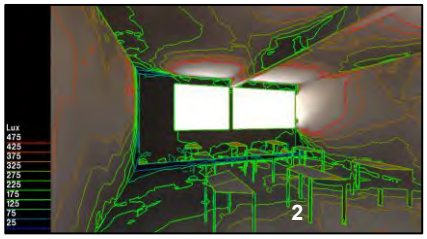
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

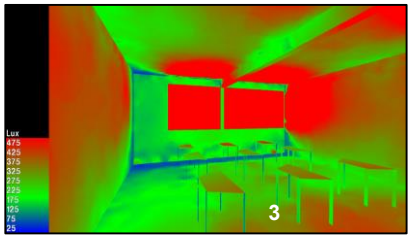
1.- Sensación humana

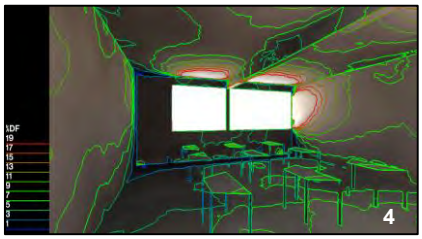
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







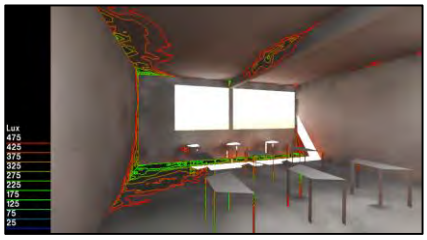
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

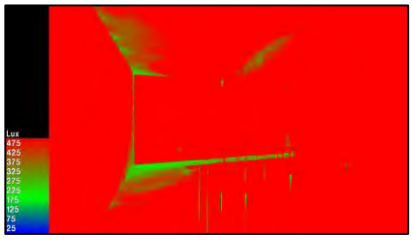
1.- Sensación humana

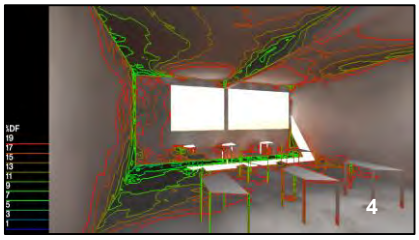
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

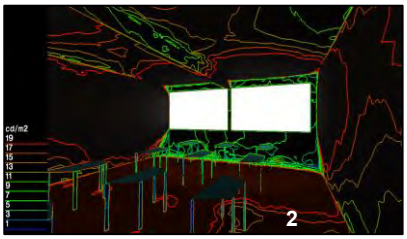
2.-Curvas de nivel de iluminancia

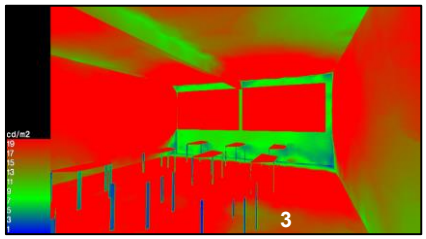
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

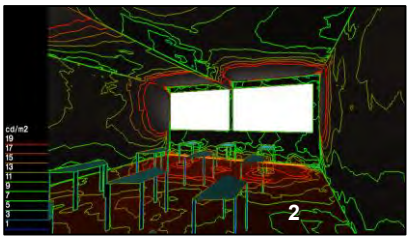
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

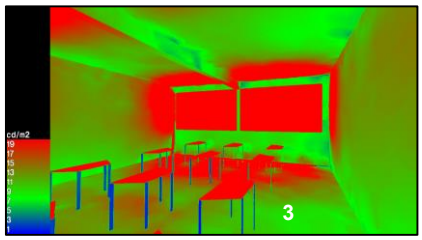




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

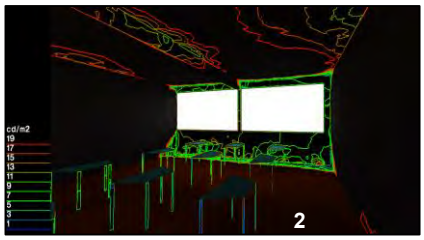
CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

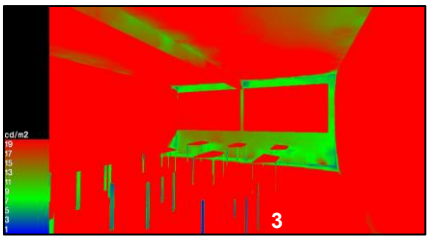




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

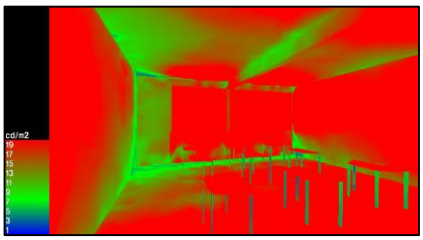
CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**





1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

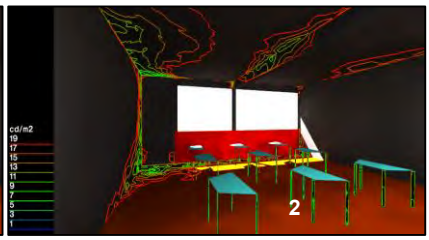


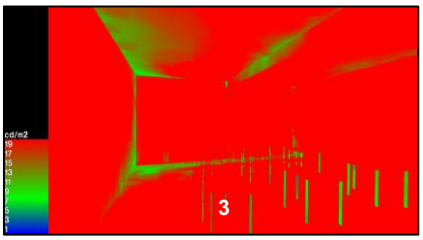
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**



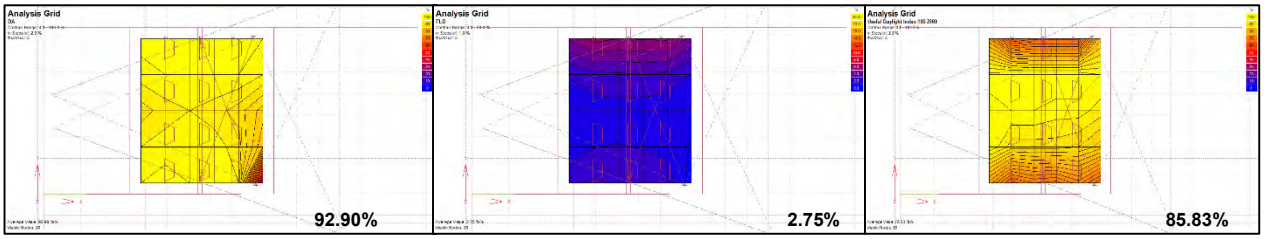


1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colors falsos cd/m2

7.8.4.4.3 DAYSIM 3.1

Combinación A

***Umbral 150 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

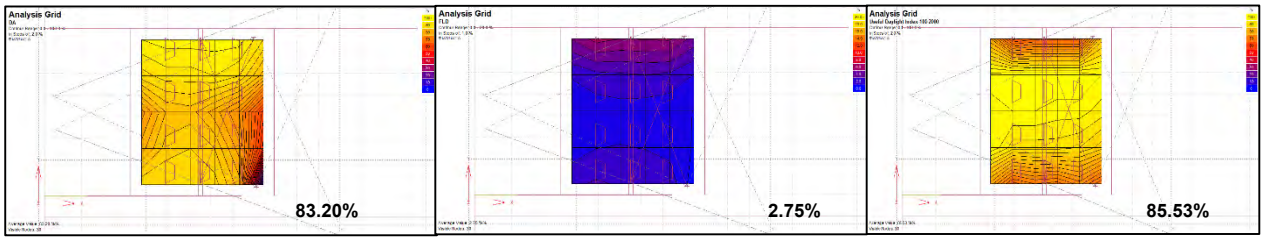
Daylight Factor (DF): El 57% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 45% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 32%, UDI100-2000 = 14%, UDI> 2000 = 54%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

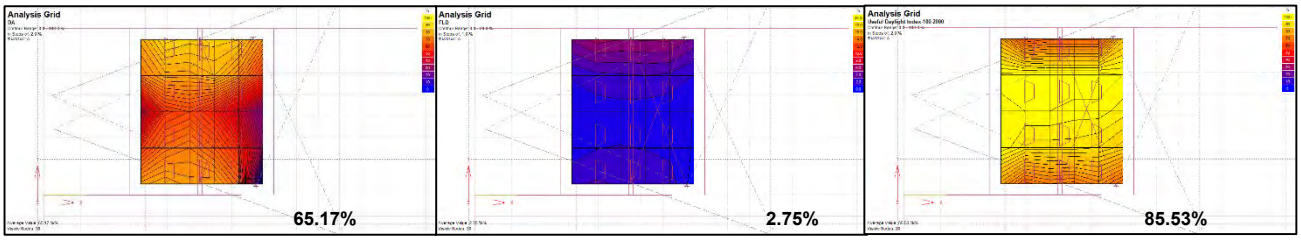
Daylight Factor (DF): El 57% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 13% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 32%, UDI100-2000 = 14%, UDI> 2000 = 54%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 33% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

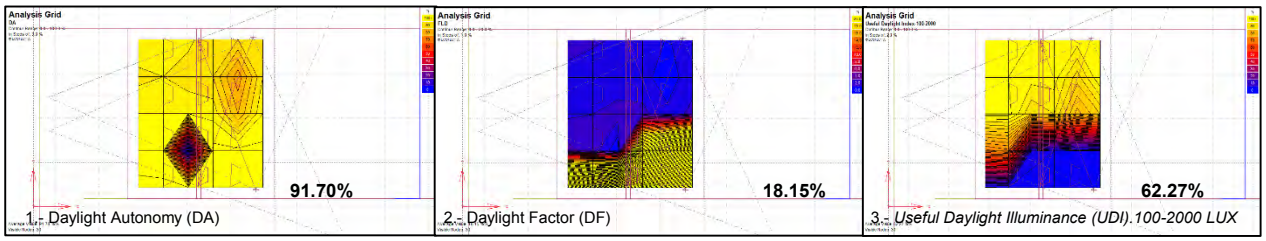
Daylight Factor (DF): El 57% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 89%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 32%, UDI100-2000 = 14%, UDI> 2000 = 54%. **Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax:** El 83% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación AA

***Umbral 150 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

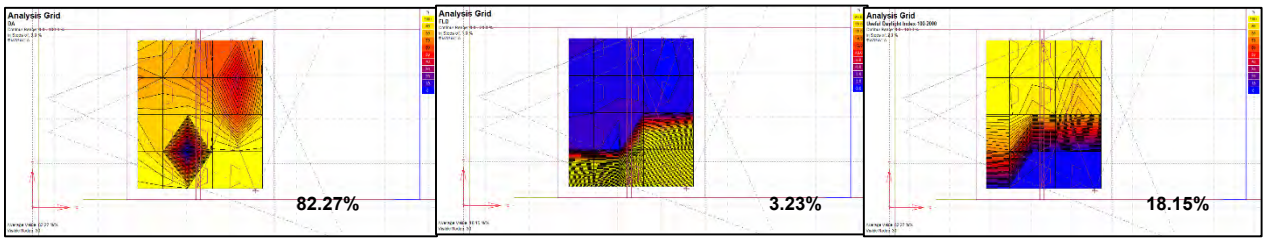
Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 94%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 6%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

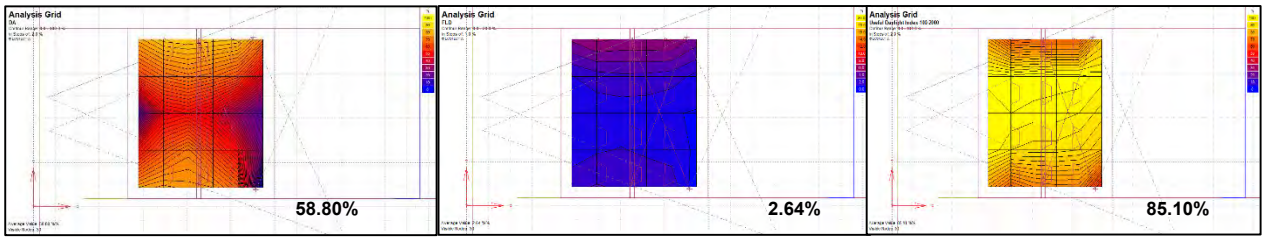
Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 94%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 6%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 93% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

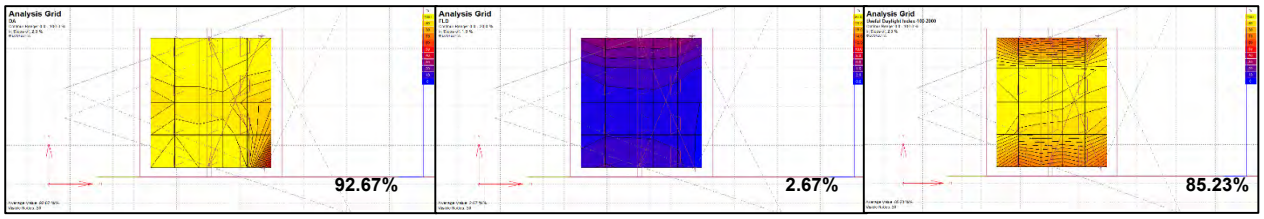
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 86%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 47%, UDI100-2000 = 7%, UDI> 2000 = 46%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 73% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación B

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting

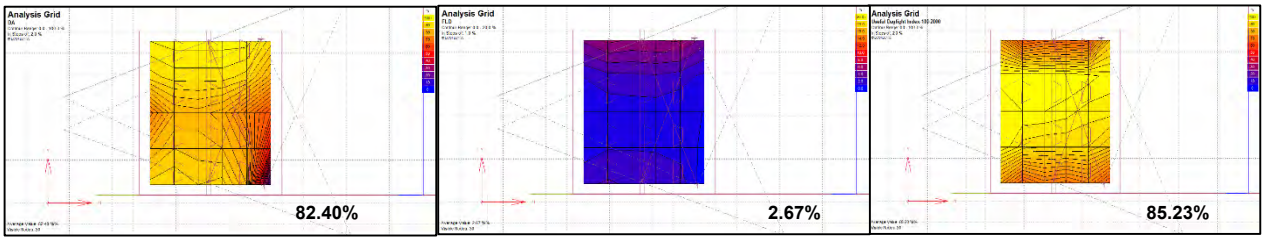
credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 47% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 35%, UDI100-2000 = 12%, UDI> 2000 = 53%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

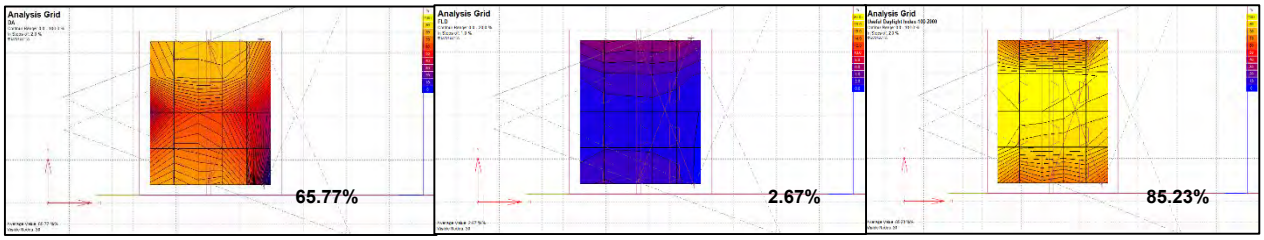
Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 15% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 35%, UDI100-2000 = 12%, UDI> 2000 = 53%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 93% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 33% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

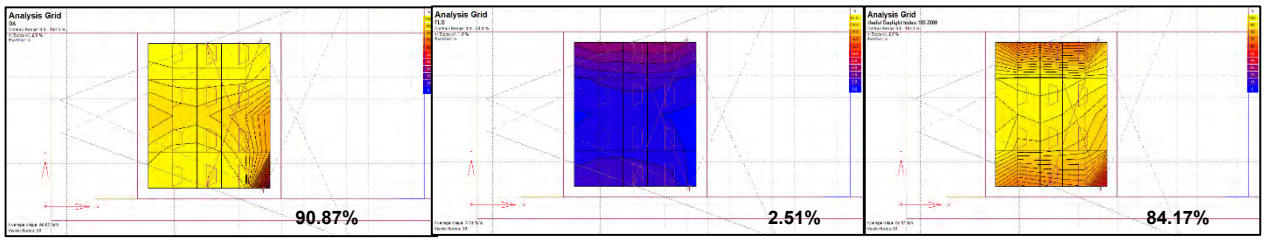
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 86%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 35%, UDI100-2000 = 12%, UDI> 2000 = 53.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 83% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación BB

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting

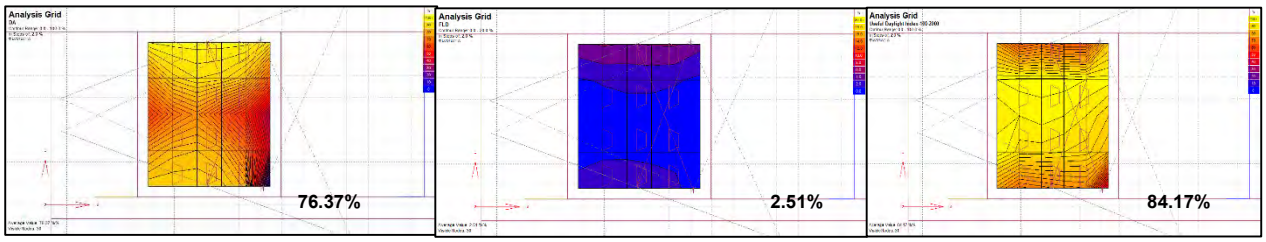
credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 29% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 59%, UDI100-2000 = 4%, UDI> 2000 = 37%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

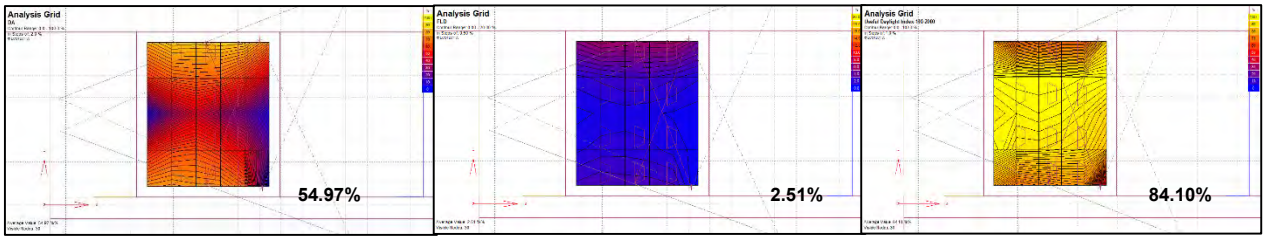
Daylight Factor (DF): El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 5% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 59%, UDI100-2000 = 4%, UDI> 2000 = 37%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 33% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

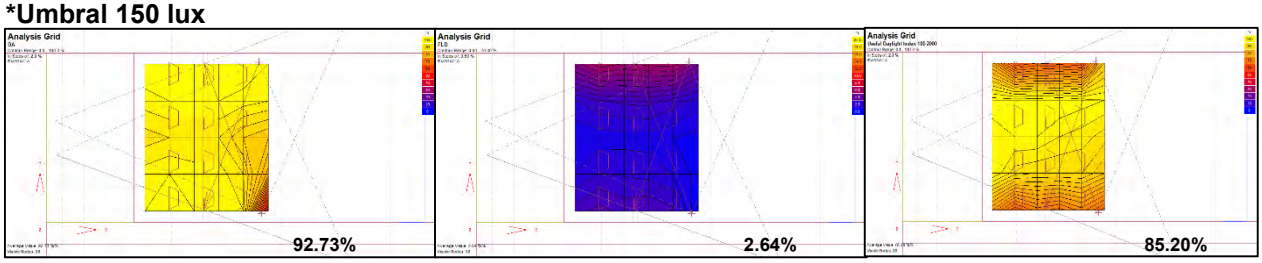
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 86%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 59%, UDI100-2000 = 4%, UDI> 2000 = 37%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 67% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación C

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting

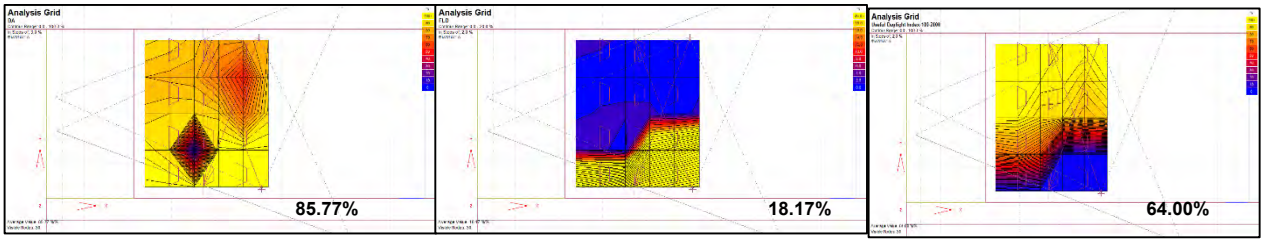
credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 50% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 31%, UDI100-2000 = 14%, UDI> 2000 = 51%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

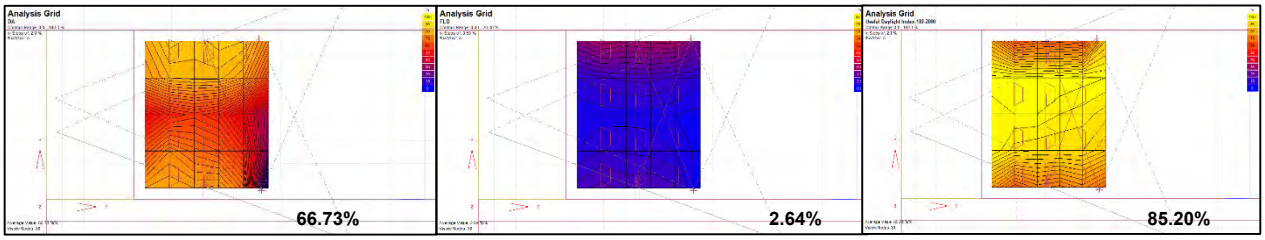
Daylight Factor (DF): El 57% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 3% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 37%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 63%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

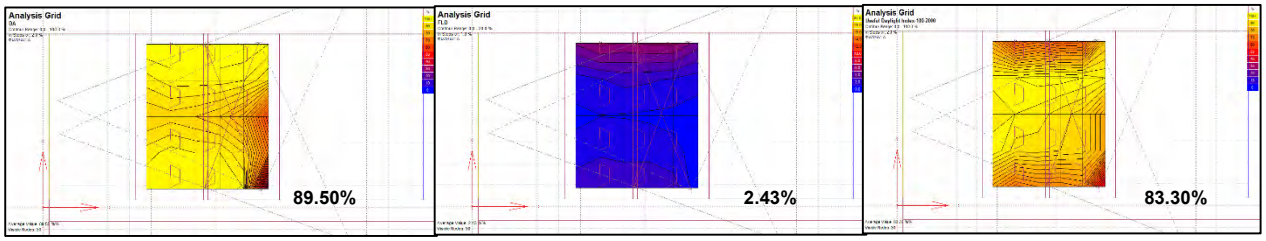
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 1% y 87%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 31%, UDI100-2000 = 14%, UDI> 2000 = 55%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 87% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación CC

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para

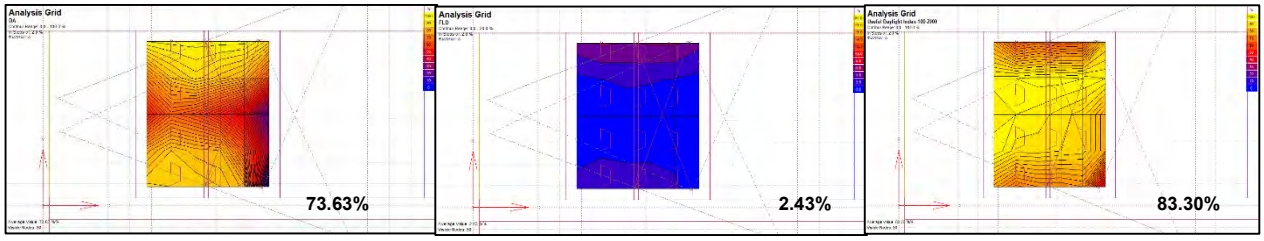
tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 28% y el 98%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 59%, UDI100-2000 = 4%, UDI> 2000 = 37%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

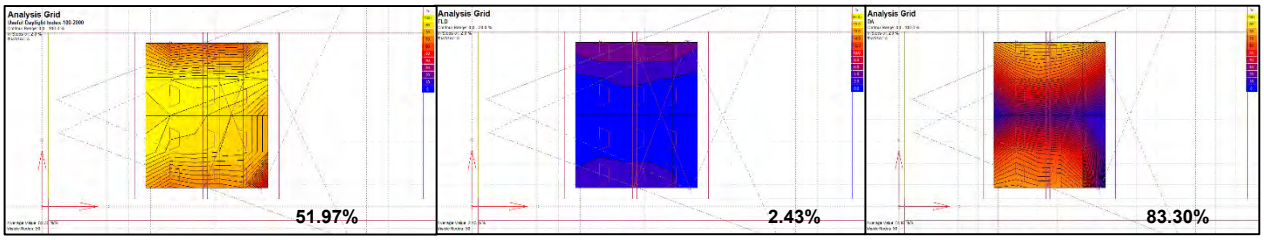
Daylight Factor (DF): El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 5% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 59%, UDI100-2000 = 4%, UDI> 2000 = 37%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 87% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 33% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

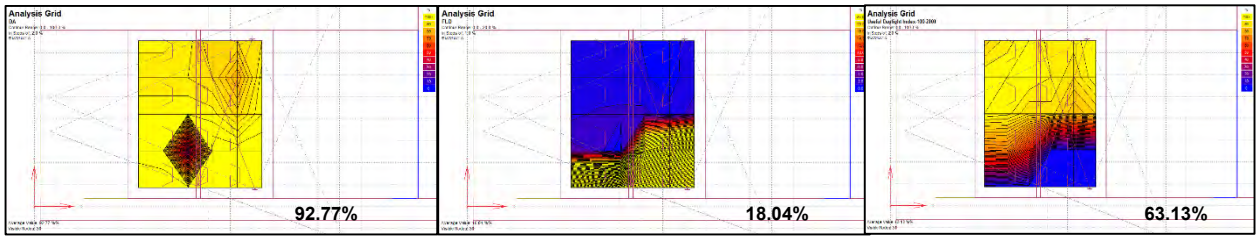
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 86%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 59%, UDI100-2000 = 4%, UDI> 2000 = 37%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 63% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 17% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Combinación EXTRA

***Umbral 150 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

Daylight Factor (DF): El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para

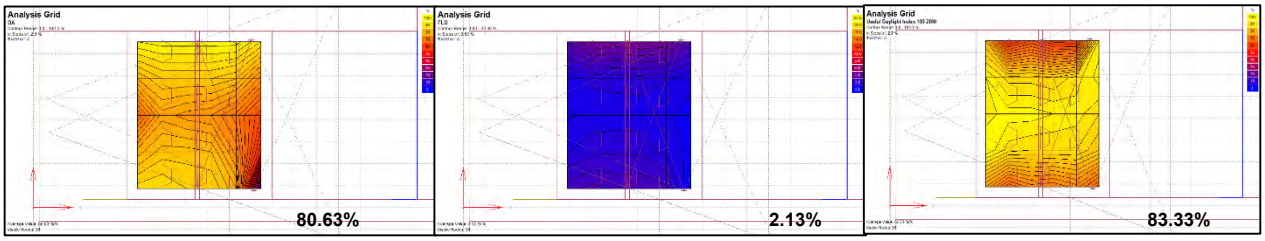
tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 26% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 46%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 54%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 63% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

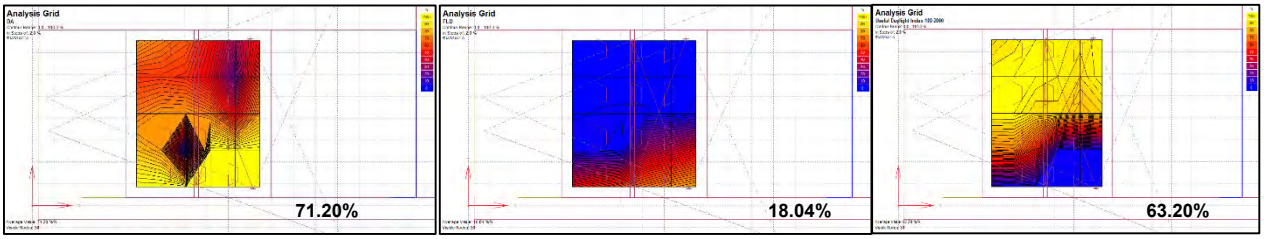
Daylight Factor (DF): El 37% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 29% y 95%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 33%, UDI100-2000 = 19%, UDI> 2000 = 49%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 20% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1. - Daylight Autonomy (DA) 2. - Daylight Factor (DF) 3. - *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 50% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada no calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 como la relación del área de sensores con un factor de luz natural más del 2% tendría que ser 75% o superior (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 0% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 46%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 54%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 80% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 60%. El 40% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

7.8.4.4.4 CONCLUSIONES DE FACTOR OBSTRUCCIONES

Las obstrucciones artificiales jugaron un papel decisivo en las simulaciones y muy parecidas a la experimentación con modelos físicos tridimensionales.

En el caso de la combinación A aumenta las condiciones lumínicas en un 3% aunque presenta grandes deslumbramientos por el color elegido. La combinación AA de acuerdo a su reflectancia reduce en un 10 % la iluminancia mientras que los deslumbramientos son nulos. La combinación B, es realmente casi nula al aumentar un 1% los niveles lumínicos al igual que la inversa con la combinación BB al reducir los lux. La combinación C y CC presentan cambios despreciables en las condiciones por lo que para estas variables son nulas en su influencia al caso de estudio. La combinación extra presenta más influencias en cuestiones de deslumbramiento por el alto grado de reflectancia, por lo tanto de acuerdo a los análisis mostrados por Daysim, ningún caso calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/) y mucho menos los estándares marcados en cuanto normatividad local tanto en su umbral mínimo como máximo (300-500 lux).

7.8.4.5 FACTOR ORIENTACIÓN

Uno de los factores sin lugar a dudas vital en cuestiones de iluminación y confort higrotérmico es la orientación, pues nos permite conseguir buenos resultados para mantener una temperatura agradable durante las estaciones frías y ambientes frescos durante el verano, maximizar resultados cuando sea necesario aislar, iluminar o ventilar los ambiente. Por ello es necesario que en las estrategias de diseño de iluminación natural se debe contemplar el lugar de ubicación del edificio o del conjunto, antes de considerar el diseño del sistema de ventanería. La razón es para determinar, la disponibilidad de la luz del día dependiendo de la estación, que obstáculos rodean al edificio y pueden tener un impacto tanto en la cantidad de luz, calidad y distribución de la luz dentro de un espacio.

En nuestro caso de estudio las ventanas ubicadas al norte admiten poca radiación solar comparada a las que miran al sur, este u oeste, como se vio en las simulaciones estacionales. En nuestra fachada sur, el sol está bajo en épocas de invierno en el cielo y hay penetraciones solares a considerar pues generan deslumbramiento. Por lo tanto una vez analizado todos los factores anteriores tanto a nivel de modelo físico como en medios digitales se tienen las siguientes consideraciones del comportamiento lumínico por orientación:

a) Orientación norte: las ventanas reciben poca radiación directa, lo que implica escasas ganancias térmicas siendo la orientación más fría y menos confortable. También resulta ser la menos adecuada para el confort de invierno, pero en verano son las estancias más frescas. La iluminación que llega por el norte es difusa sin causar reflejos ni contrastes.

b) Orientación sur: existen mayor número de horas de sol en invierno siendo la mejor orientación para aprovechar la ganancia térmica debida al soleamiento para el clima, sin embargo, la Iluminación es muy contrastada con muchos reflejos con lo que no es buena orientación para lugares de lectura o clases.

c) Orientación este: las fachadas reciben más horas de sol en verano y son espacios poco cálidos en verano, ya que sólo reciben soleamiento por la mañana, pero son menos cálidos en invierno que los orientados al sur. La iluminación es fría y hay que prestar atención solo en las mañanas.

d) Orientación oeste: la radiación directa incide en esta orientación por la tarde durante un largo periodo en verano y es corto en invierno.

Este factor es importante contemplarlo siempre en la fase conceptual de la generación del proyecto arquitectónico pero para nuestros alcances solo se prestó atención a determinar el comportamiento general en las fachadas y determinar por medios digitales y otros medios las mejores orientaciones recomendadas para esta ubicación geográfica como se ve a continuación.

Ecotect Analysis 2011 por medio de su herramienta Weather tool permite generar un gráfico determinando la mejor y peor orientación, todo ello en base a la ubicación geográfica, datos climáticos como el promedio de radiación solar incidente, meses fríos y cálidos, etc. Siendo esta la que se muestra en la figura 393, donde la mejor orientación se encuentra de noreste-suroeste en un rango de 90º, siendo la ideal a 15º del norte.

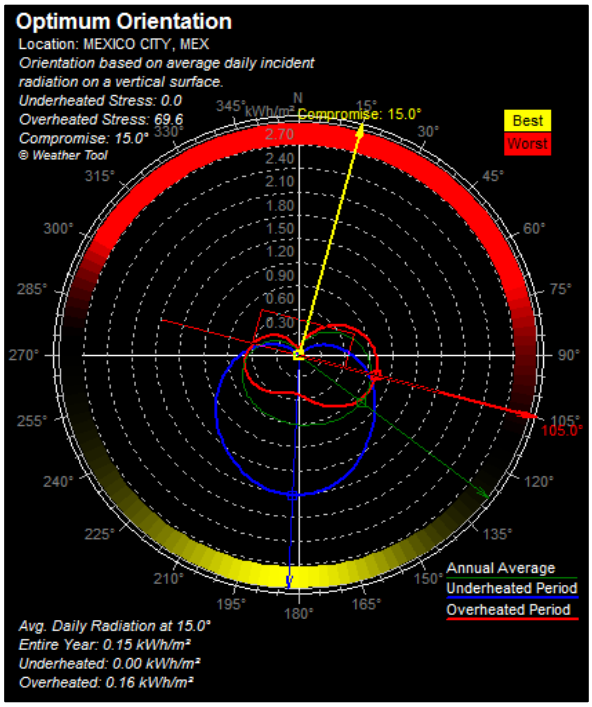


Figura 393. Orientacion recomendada por Ecotect

Así mismo existen una gran cantidad de documentos y bibliografía que recomienda orientaciones basándose en aspectos de confort higrotérmico y el Bioclima, como es la Guía Conafovi, de Uso Eficiente de la Energía en la Vivienda 2006. Para nuestro caso de estudio con un Bioclima semifrío seco, temperaturas por debajo del confort, oscilaciones grades, humedades generalmente dentro del rango de confort, vientos fríos en invierno y por las noches se recomienda calentamiento y protección a vientos fríos, evitar sombreados entre edificios y orientaciones de edificaciones como el que nos compete de dos o más crujías de noreste-suroeste que coincide con lo recomendado por Ecotect Análisis 2011(Figura 394).

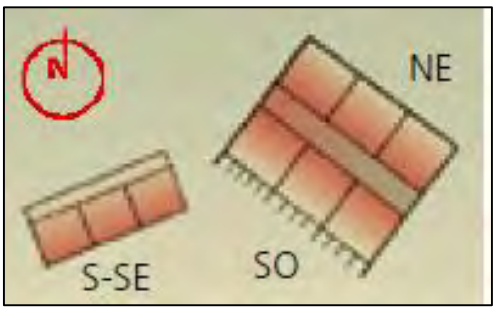
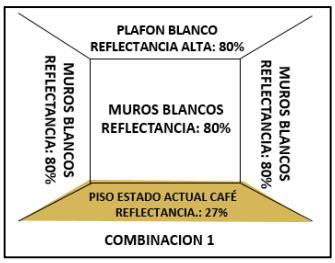


Figura 394. Orientacion recomendada por CONAVI

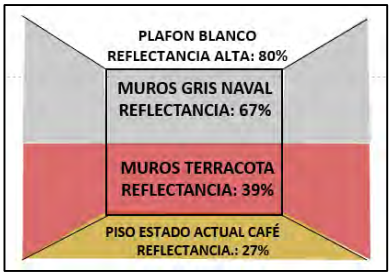
7.8.4.6 CASOS CON MEJORES RESULTADOS

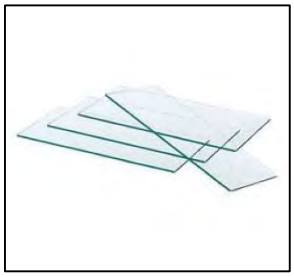
Una vez obtenidos los resultados anteriores es importante ahora simular una combinación de los mejores casos obtenidos para mejorar aún más las condiciones lumínicas en el espacio, para esto se simularon dos casos explicados a continuación:

1) Caso con mejor resultado 1 (Plafón con alta reflectancia + Muros con alta reflectancia + Piso actual, es decir, Combinación 1 de reflectancias + Cristal Claro nuevo de 6 mm con transmitancia del 87.6%)



2) Caso con mejor resultado 2 (Condiciones actuales del caso de estudio en muros, pisos, plano de trabajo + Plafón con alta reflectancia + cristal claro nuevo de 6 mm transmitancia del 87.6%)

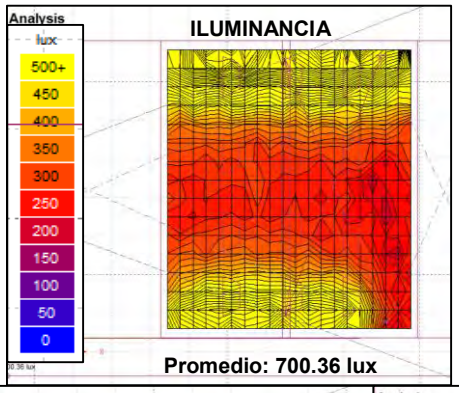


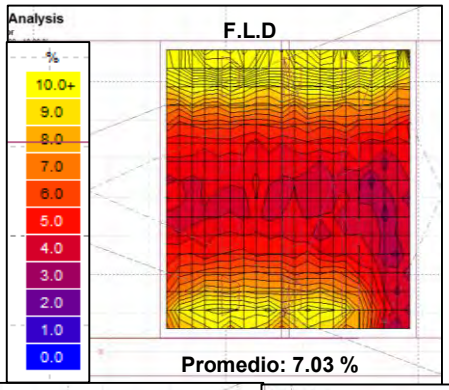


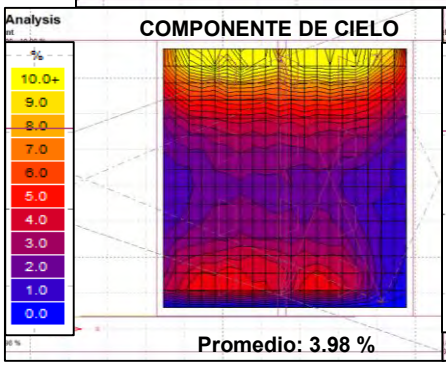
Se decide por la combinación 1 en el apartado de Reflectancias puesto que es la que muestra un gran aporte a las condiciones lumínicas por el simple hecho de sus propiedades ópticas y el cristal claro de 6 mm al tener una mayor transmitancia y por lo tanto una mayor cantidad de iluminancia al interior, siendo este el mejor caso y el más extremo. En cuanto al Caso con mejor resultado 2, es notorio que el plafón es el elemento constructivo que mayor aporte lumínico tiene dentro del espacio más que los muros y el piso según lo obtenido en el apartado de las cinco combinaciones de las Reflectancias, por ello se decide establecer las condiciones tal cual de muros y pisos más el plafón de alta reflectancia, en este caso, blanco combinándolo con el uso de cristal claro de 6 mm.

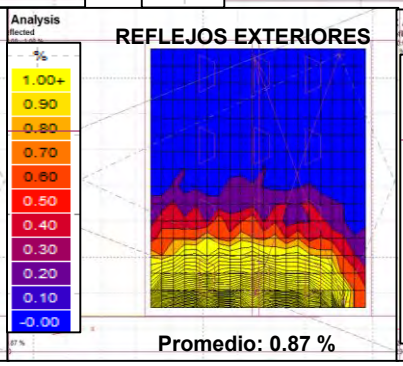
7.8.4.6.1 ECOTECT ANALYSIS 2011

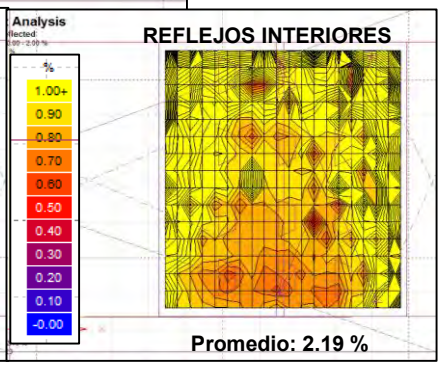
Caso con mejor resultado 1



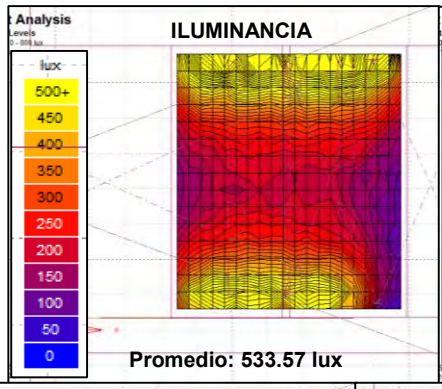


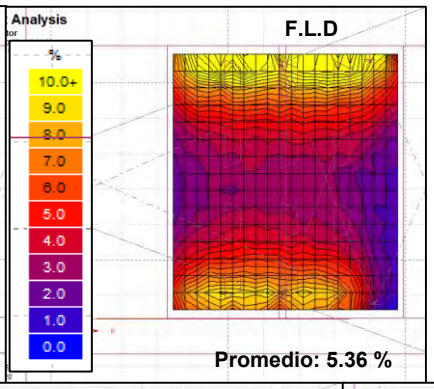


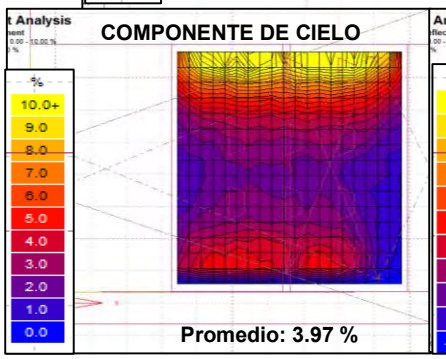


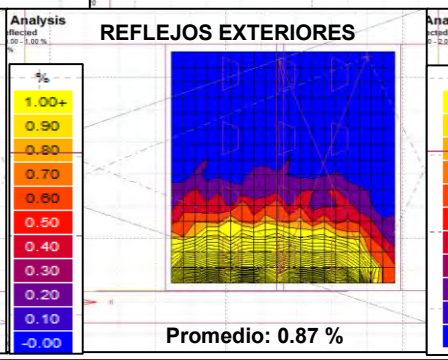


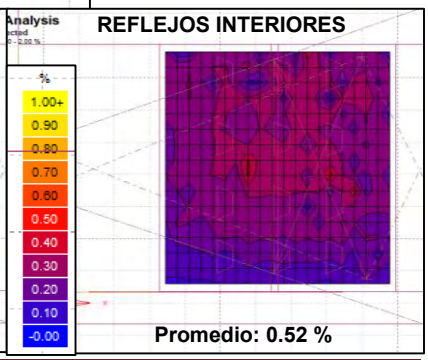
Caso con mejor resultado 2





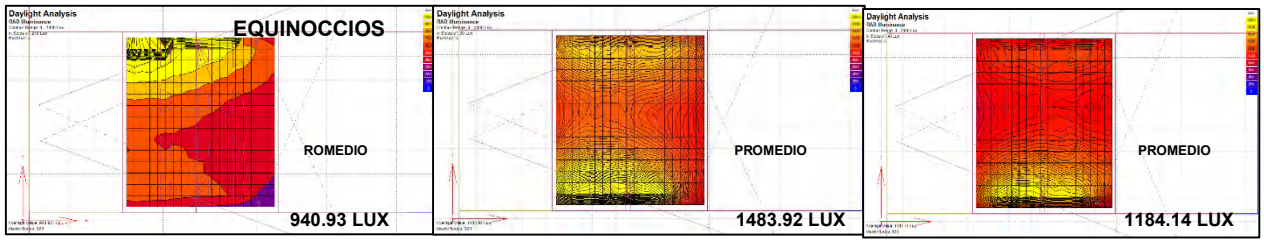




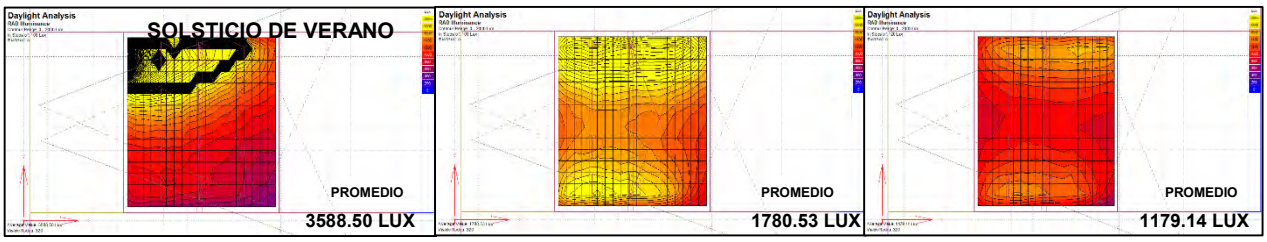


7.8.4.6.2 RADIANCE DESKTOP 2.0 BETA

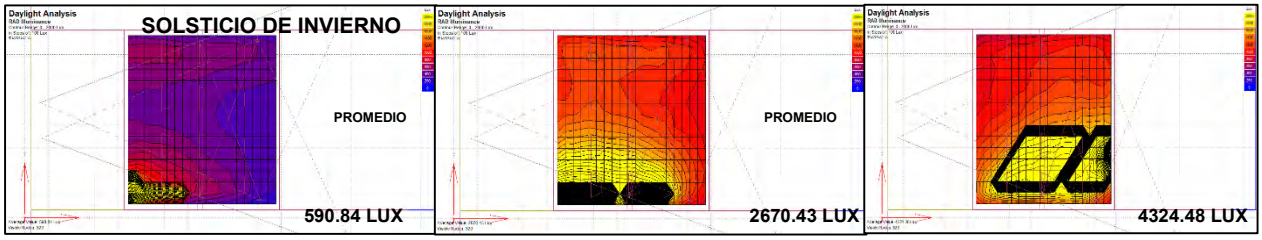
Caso con mejor resultado 1



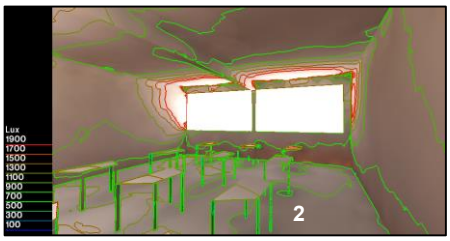
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**

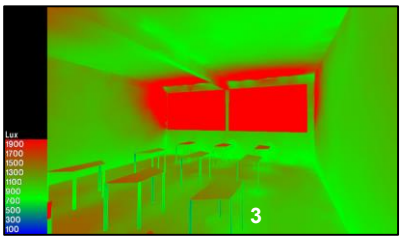


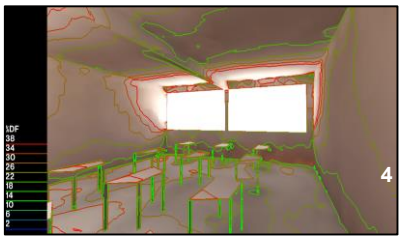
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**







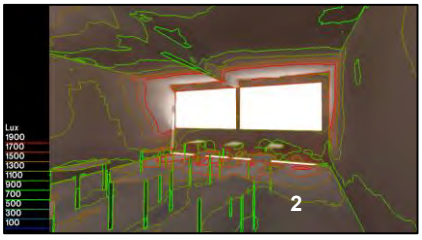
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

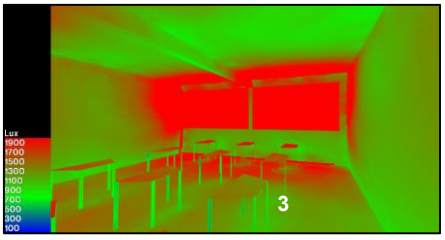
1.- Sensación humana

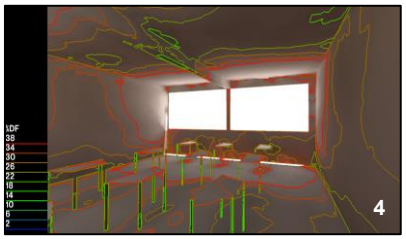
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







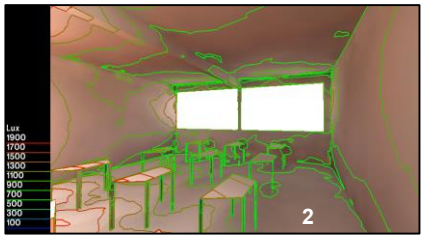
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

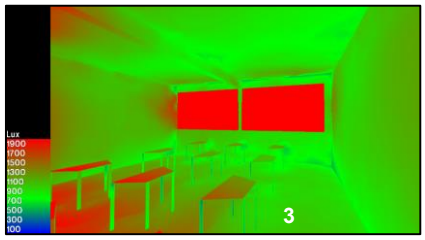
1.- Sensación humana

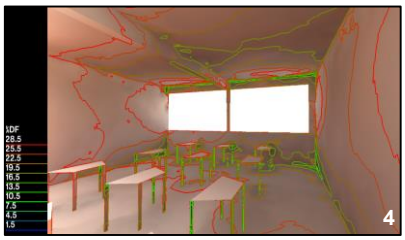
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







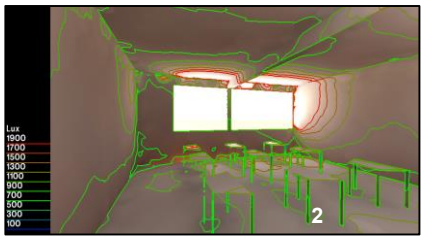
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

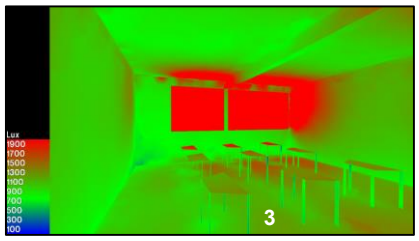
1.- Sensación humana

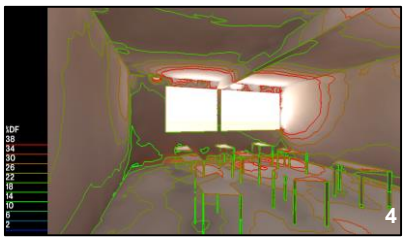
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







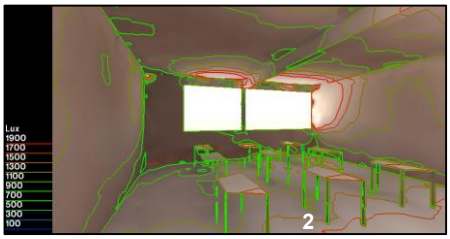
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

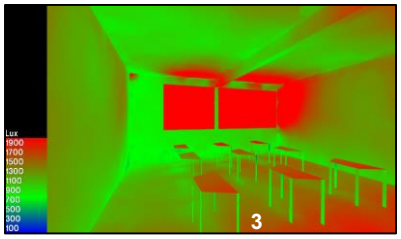
1.- Sensación humana

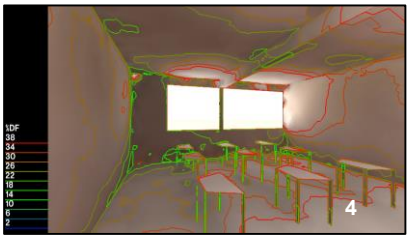
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







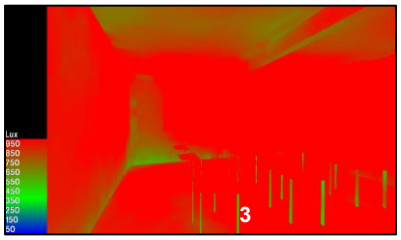
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

1.- Sensación humana

2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D



CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

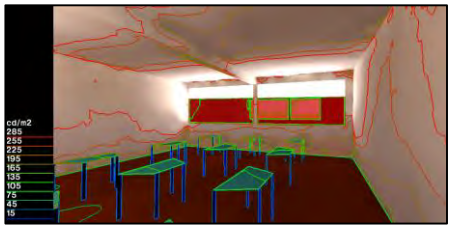
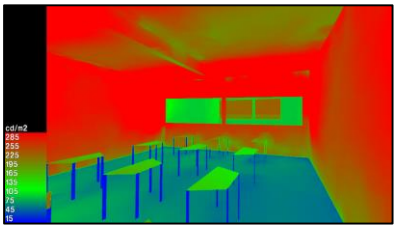
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias:

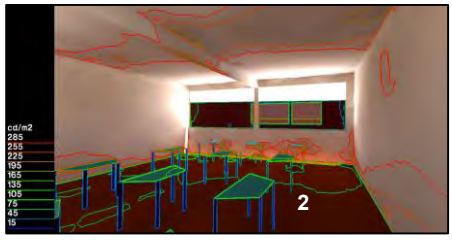
CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

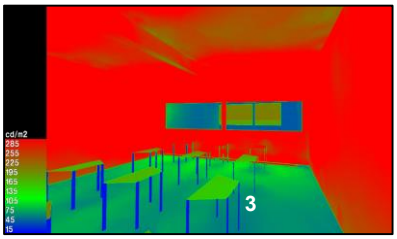
1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



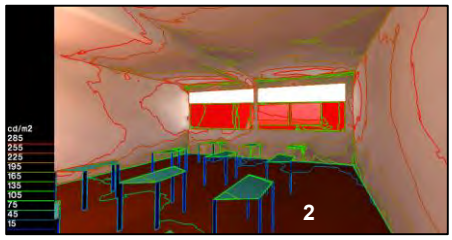
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



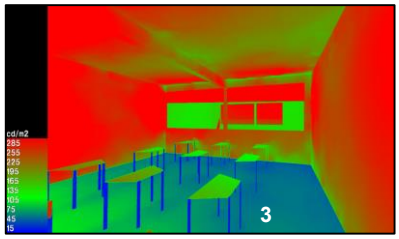
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



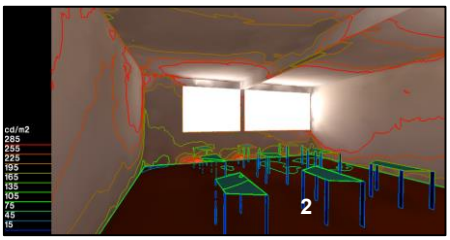
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



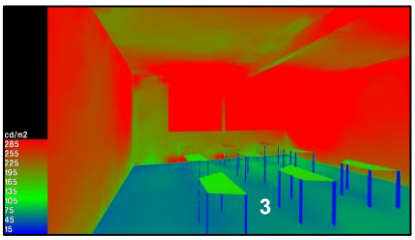
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana



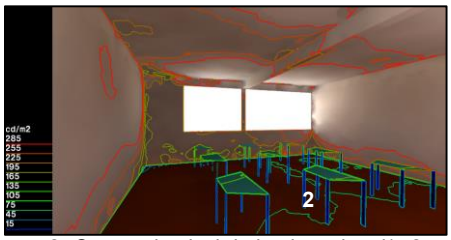
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



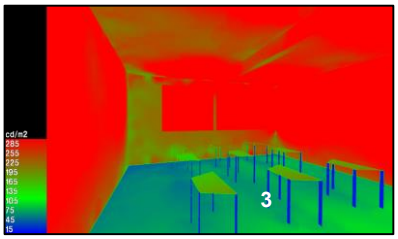
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



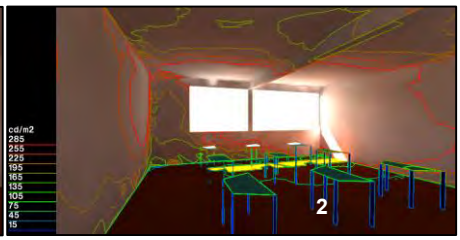
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



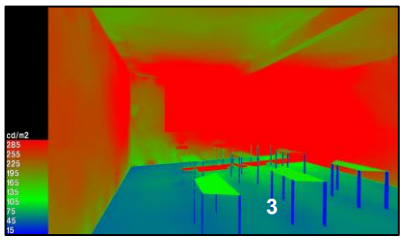
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



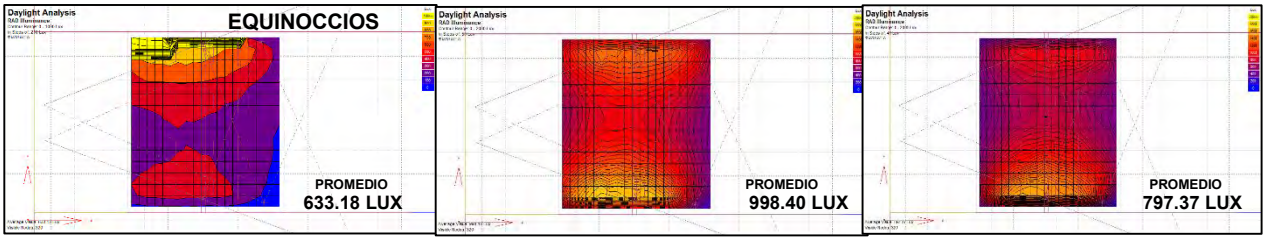
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



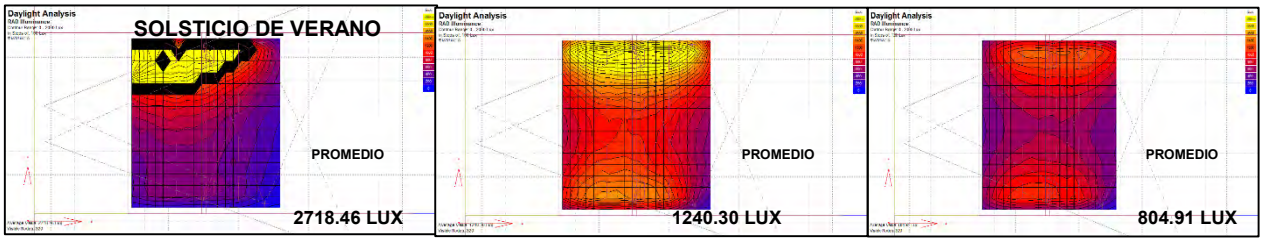
3.- Colores falsos cd/m2

Caso con mejor resultado 2

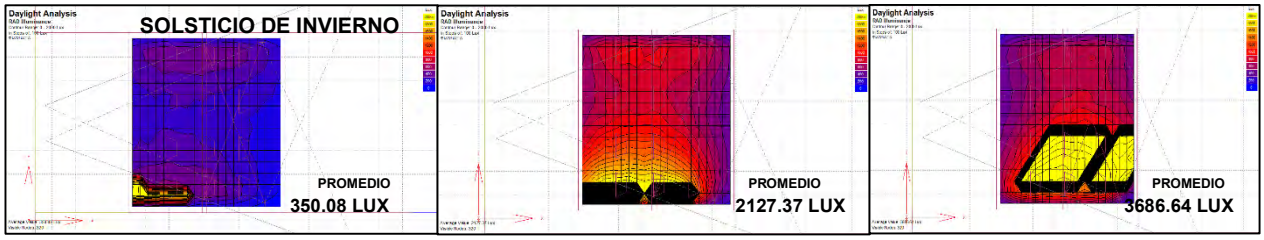
***Iluminancias**



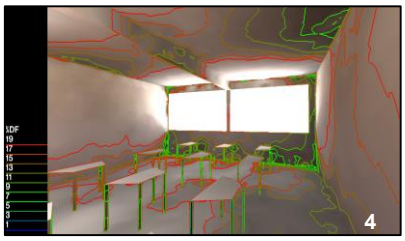
8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



8:00 AM **12:00 PM** **4:00 PM**



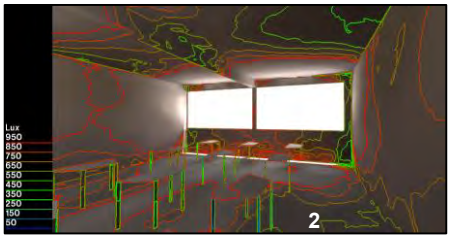
CAMARA 1: **Equinoccios 12 PM**

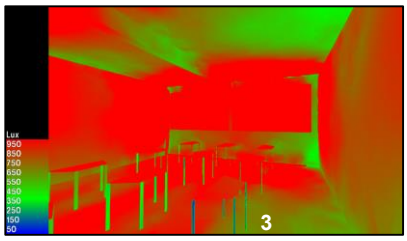
1.- Sensación humana

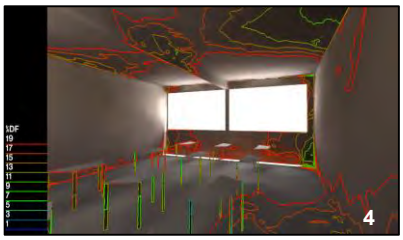
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







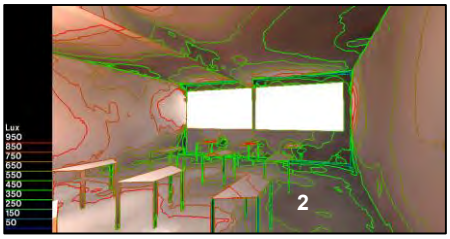
CAMARA 1: **Solsticio de Verano 12 PM**

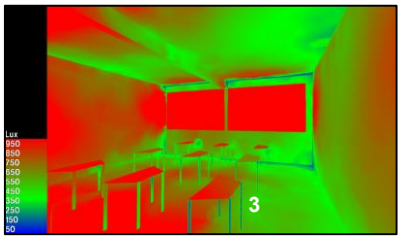
1.- Sensación humana

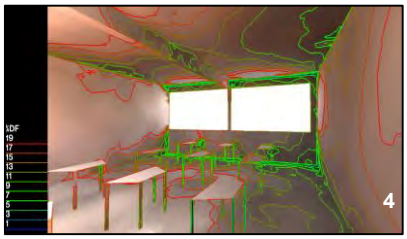
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







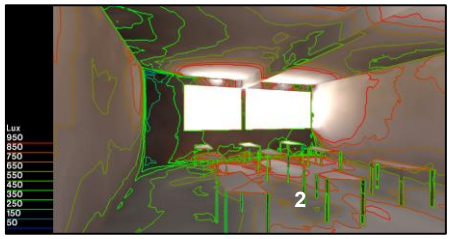
CAMARA 1: **Solsticio de invierno 12 PM**

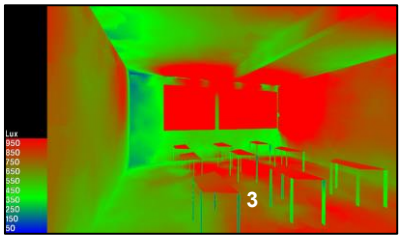
1.- Sensación humana

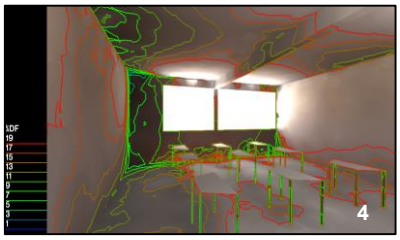
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







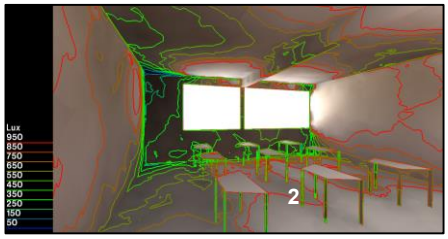
CAMARA 2: **Equinoccios 12 PM**

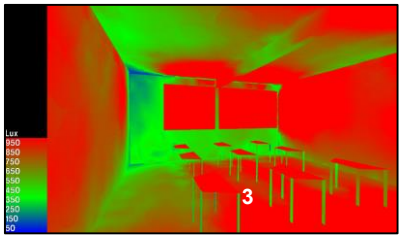
1.- Sensación humana

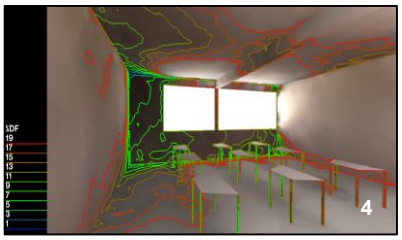
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







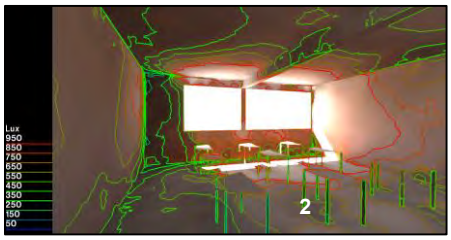
CAMARA 2: **Solsticio de Verano 12 PM**

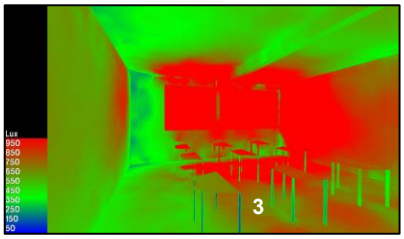
1.- Sensación humana

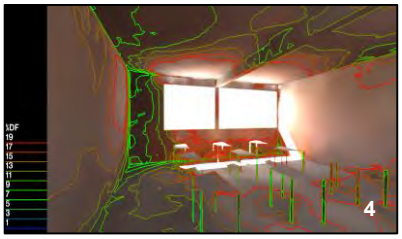
2.-Curvas de nivel de iluminancia

3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D







CAMARA 2: **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana

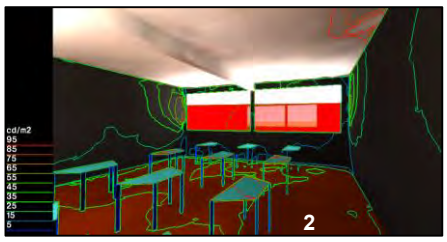
2.-Curvas de nivel de iluminancia

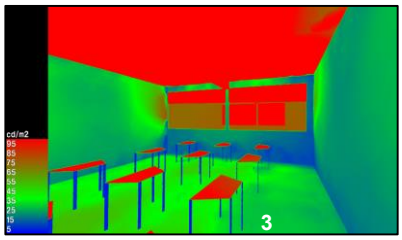
3.- Colores falsos

4.- Curvas de nivel de F.L.D

Luminancias

CAMARA 1 **Equinoccios 12 PM**

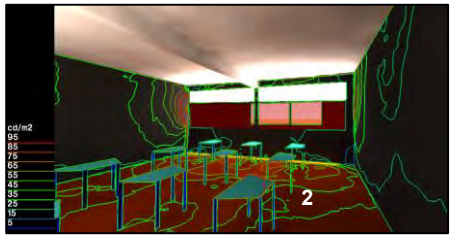




1.- Sensación humana 2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2 3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana

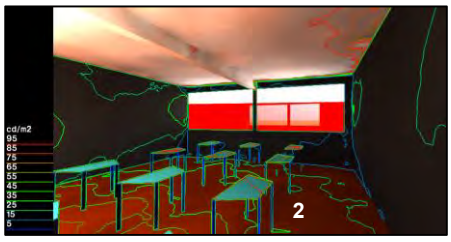


2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2

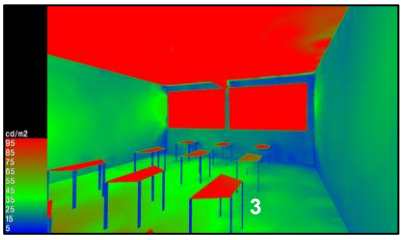
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 1 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



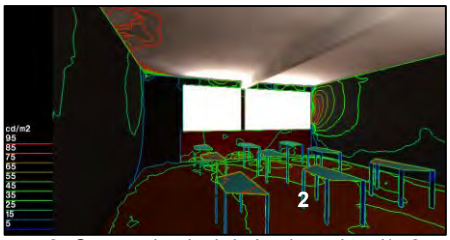
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



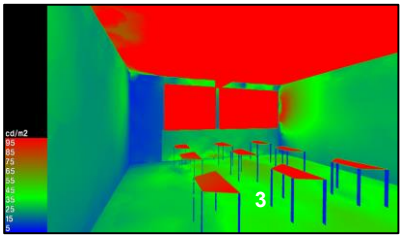
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Equinoccios 12 PM**

1.- Sensación humana



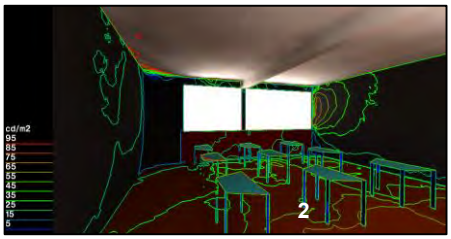
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



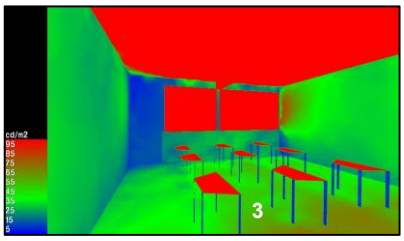
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de verano 12 PM**

1.- Sensación humana



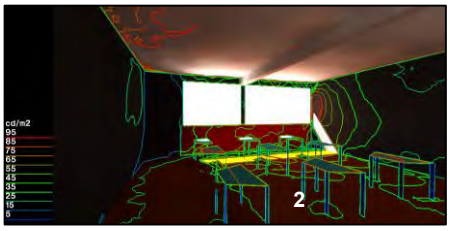
2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2



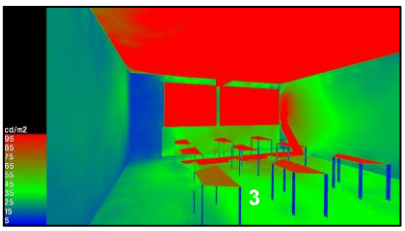
3.- Colores falsos cd/m2

CAMARA 2 **Solsticio de invierno 12 PM**

1.- Sensación humana



2.-Curvas de nivel de luminancia cd/m2

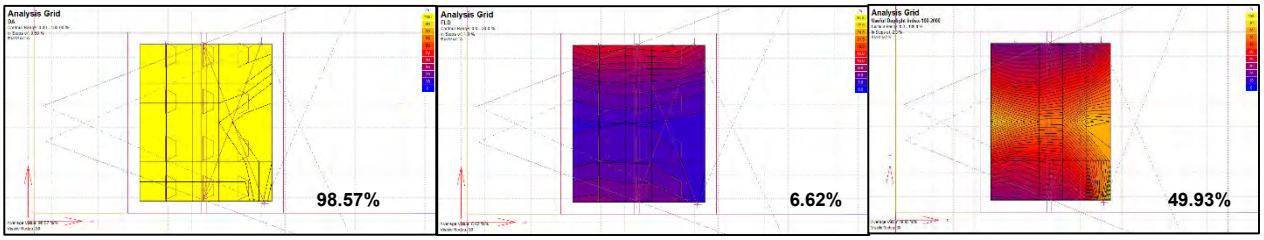


3.- Colores falsos cd/m2

7.8.4.6.3 DAYSIM 3.1

Caso con mejor resultado 1

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

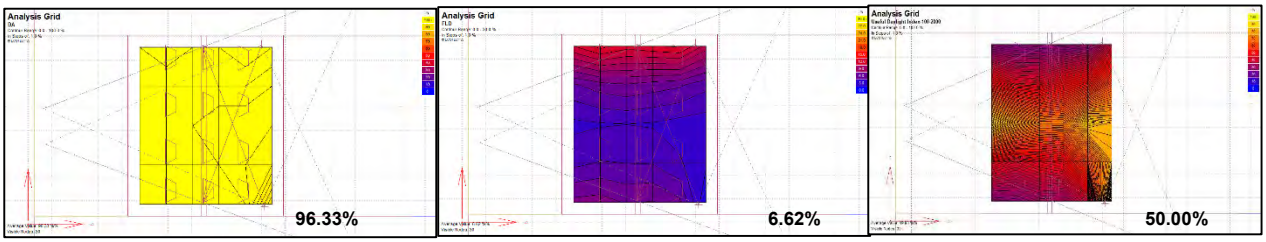
Daylight Factor (DF): El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 96% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 3%, UDI100-2000 = 10%, UDI> 2000 = 87%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para

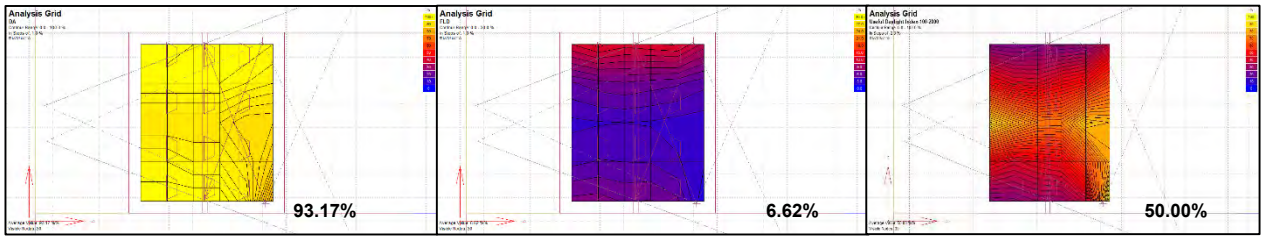
tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 89% y 99%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 3%, UDI100-2000 = 10%, UDI> 2000 = 87%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 70% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

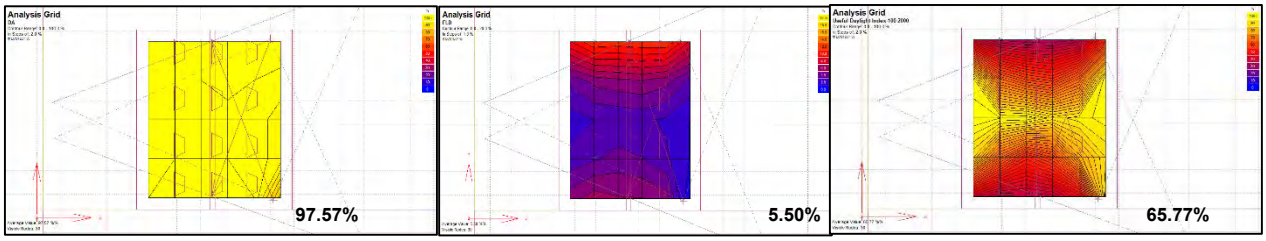
Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 80% y 97%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 3%, UDI100-2000 = 10%, UDI> 2000 = 87%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 37% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

Caso con mejor resultado 2

***Umbral 150 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Informe de simulación

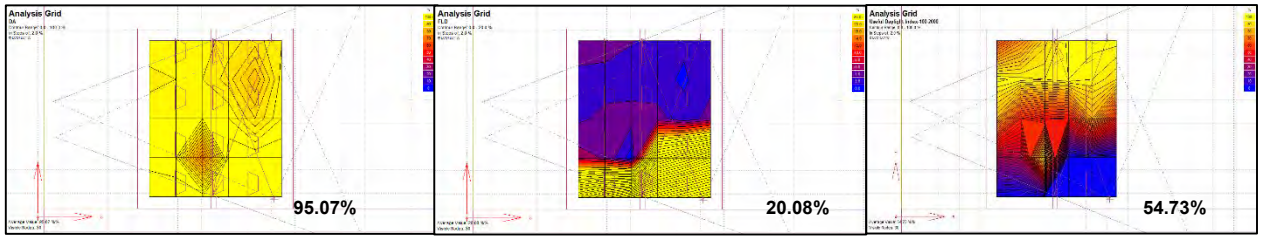
Daylight Factor (DF): El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 85% y el 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los Índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 7%, UDI100-2000 = 11%, UDI> 2000 = 82%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 90% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 300 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

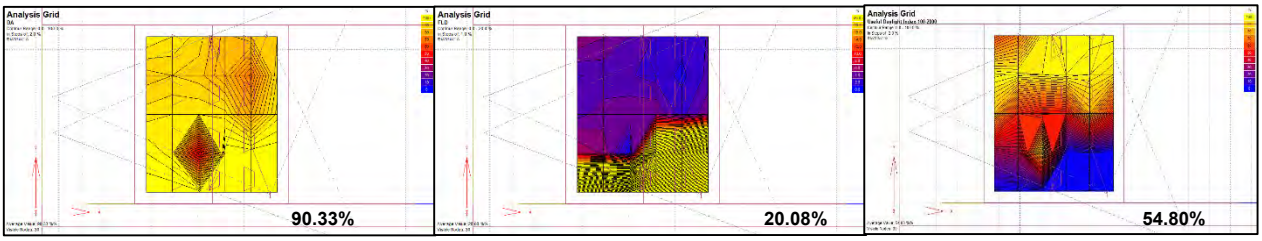
Daylight Factor (DF): El 93% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 74% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 8%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 92%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 100% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 53% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

***Umbral 500 lux**



1.- Daylight Autonomy (DA) 2.- Daylight Factor (DF) 3.- *Useful Daylight Illuminance (UDI).100-2000 LUX*

Daylight Factor (DF): El 93% de todos los sensores de iluminancia tiene un factor de luz del 2% o superior. Si los sensores están distribuidos uniformemente a través de 'todos los espacios ocupados para tareas visuales críticas', la zona de iluminación investigada si calificaría para el LEED-NC 2,1 daylighting credit 8,1 (ver www.usgbc.org/LEED/).

Daylight autonomy (DA): Para todos los sensores en el plano de trabajo se sitúa entre el 45% y 100%.

Useful Daylight Illuminance (UDI): Los índices útiles para la zona de iluminación son UDI <100 = 8%, UDI100-2000 = 0%, UDI> 2000 = 92%.

Continuous Daylight Autonomy (CDA) y Damax: El 97% de todos los sensores de iluminancia tiene un (CDA) por encima del 80%. El 43% de todos los sensores de iluminancia tiene un DAMAX por encima del 5%.

7.9 CONCLUSIONES PARCIALES

Una vez concluida la fase de experimentación tanto con el modelo físico tridimensional como con los medios digitales se obtuvieron una gran cantidad de resultados tanto en su presentación como interpretación, puesto que presentan pequeñas diferencias entre sí que se pueden citar en el siguiente capítulo de productos y conclusiones, todas ellas enfocadas al objetivo de este proyecto de investigación: contribuir al mejoramiento de las condiciones lumínicas de las aulas típicas a nivel básico y obtener ahorro energético.

Por lo tanto, una vez terminada la fase experimental tanto en el modelo físico tridimensional como en los medios digitales, se obtuvieron una gran cantidad de valores y resultados capaces de ser observados en la tabla siguiente a manera de resumen antes de dar pie a las conclusiones finales.

		SIMULACIONES EN MODELO FISICO TRIDIMENSIONAL			SIMULACIONES DIGITALES			
		(VALORES PROMEDIO EN LUX-FLD %)			ECOTEC ANALYSIS	DAYSIM (UMBRAL DE 300 LUX)		
FACTOR ANALIZADO	VARIABLES	EQUINOCCIOS	SOLSTICIO DE VERANO	SOLSTICIO DE INVIERNO	(VALORES PROMEDIO EN LUX-FLD %	FLD (%)	DA (%)	UDI (100-2000 LUX)
ESTADO ACTUAL	CONDICIONES ACTUALES DE REFLECTANCIAS TRANSMITANCIAS Y MOBILIARIO	233 LUX-2.44%	232 LUX-2.16%	173 LUX-1.77%	230.90 LUX-2.32%	18.29	84.07	63.40%
TRANSMITANCIAS	CRISTAL CLARO (T=87.8 %)	365 LUX-3.83%	364 LUX-3.39%	271 LUX-2.77%	356.30 LUX-3.58%	4.88	91.37	73.57
	CRISTAL DUOVENT CLÁSICO CLARO (T=71%)	295 LUX-3.10%	294 LUX-2.74%	219 LUX-2.24%	303.11 LUX-3.04%	18.78	89.33	74.57
	CRISTAL REFLECTASOL (T=30.4%)	126 LUX-1.33%	126 LUX-1.17%	94 LUX-0.96%	184.96 LUX-1.86%	1.99	71.5	88
REFLECTANCIAS	COMBINACION 1	343 LUX-3.61%	345 LUX-3.24%	374 LUX-3.70%	450.47 LUX-4.52%	3.73	92.7	80.77
	COMBINACION 2	291 LUX-3.07%	291 LUX-2.72%	303 LUX-2.98%	317.61 LUX-3.19%	3.23	89.4	83.73
	COMBINACION 3	249 LUX-2.61%	254 LUX-2.36%	270 LUX-2.66%	279.77 LUX-2.81%	18.77	89.6	64.37
	COMBINACION 4	230 LUX-2.41%	239 LUX-2.24%	266 LUX-2.64%	292.76 LUX-2.94%	2.99	86.87	85
	COMBINACION 5	192 LUX-2.01%	213 LUX-2.01%	229 LUX-2.27%	262.49 LUX-2.64%	18.79	85.33	63.57
OBSTRUCCIONES ARTIFICIALES	COMBINACION A	274 LUX-3.09%	284 LUX-2.80%	217 LUX-2.40%	233.73 LUX-2.35%	2.75	83.2	85.53
	COMBINACION AA	269 LUX-3.04%	280 LUX-2.76%	213 LUX-2.35%	225.99 LUX-2.27%	3.23	82.27	18.15
	COMBINACION B	276 LUX-3.23%	289 LUX-2.84%	220 LUX-2.40%	230.08 LUX-2.31%	2.67	82.4	85.23
	COMBINACION BB	269 LUX-3.02%	281 LUX-2.72%	211 LUX-2.30%	212.76 LUX-2.14%	2.51	76.37	84.17
	COMBINACION C	275 LUX-3.16%	288 LUX-2.78%	217 LUX-2.36%	228.10 LUX-2.29%	18.17	85.77	64
	COMBINACION CC	378 LUX-3.83%	377 LUX-3.39%	215 LUX-2.30%	206.54 LUX-2.07%	2.43	73.63	83.3
	COMBINACION EXTRA	----------	----------	----------	216.70 LUX-2.18%	2.13	80.63	83.33
OBSTRUCCIONES NATURALES	CASO BASE CON OBSTRUCCION	170 LUX-1.72%	----------	----------	----------	----------		
	CASO BASE SIN OBSTRUCCION	298 LUX-2.96%	297 LUX-2.65%	222 LUX-2.16%	----------	----------		
ORIENTACION RECOMENDADA	ECOTEC ANALYSIS	NORESTE-SUROESTE DESVIADO 15º DEL NORTE			----------			
	GUIA CONAFOVI	NORESTE-SUROESTE DESVIADO 15º DEL NORTE			----------			
CASOS CON MEJORES RESULTADOS	CASOS CON MEJORES RESULTADOS 1	----------	----------	----------	700.36 LUX-7.03%	6.62	96.33	50
	CASOS CON MEJORES RESULTADOS 2	----------	----------	----------	533.57 LUX-5.36%	20.08	95.07	54.73

Tabla 168.a. Resumen de resultados en todos aquellos factores analizados en modelos físico tridimensionales y modelos digitales (software).

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES. APORTACIÓN A LA ARQUITECTURA DE HOY EN DÍA

"Arquitectura es cuestión de armonías, una pura creación del espíritu. Empleando piedra, madera, hormigón, se construyen casas, palacios; eso es construcción: el ingeniero trabajando; pero en un instante, tocas mi corazón, me haces bien, me siento feliz y digo: esto es hermoso, esto es arquitectura, el arte entra en mí"

LE CORBUSIER

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES. APORTACIÓN A LA ARQUITECTURA DE HOY EN DÍA

8.1 FACTORES DE DISEÑO

Una vez planteado, estructurado, definido, ejecutado, experimentando, modelando, analizando y concluyendo el proyecto de investigación es evidente que la luz del día es la única fuente eficiente de luz disponible y hoy por hoy la arquitectura se ve más obligada a analizar a fondo como lograr una buena distribución de la luz dentro de las edificaciones de una manera adecuada con el afán de mejorar el confort lumínico y contribuir al ahorro energético.

Todo proyecto arquitectónico debe tener en consideración el fenómeno luz natural, debe considerar una serie de factores responsables de la cantidad, calidad y distribución de la misma dentro de un espacio y dada la enorme diversidad y complejidad tipológica y geométrica de los edificios, será muy difícil realizar un riguroso análisis del cálculo de iluminación natural. A esta situación se debe agregar el hecho de que en muchas partes del mundo no existe información sobre el comportamiento y disponibilidad de la luz natural o desconocen todo lo que implica diseñar con luz, por ello parte de las intenciones de esta investigación es que diera como resultado un documento que pudiera servir de base para desarrollar estudios similares a todo aquel interesado y que sirviera como una pequeña guía que permita poner en práctica algunas de las técnicas aquí propuestas enfocados a mejorar las condiciones lumínicas. Motivo por el cual se presentan a continuación aquellos aspectos en los que se basó este proyecto desde el marco teórico hasta la experimentación, que se deben contemplar en el caso de hacer estudios similares o en la aplicación de algunos de los métodos de cálculo y análisis aquí presentados.

1. *Conocimiento preliminar sobre el tema.* Para hacer un estudio de iluminación natural es necesario que el autor cuente con los conocimientos básicos como lo son: evolución general de la luz, medio ambiente, principios físicos, sus unidades de medición, principios de soleamiento, instrumentos de medición, medios digitales computacionales y manejo de otras herramientas (programas, hojas de cálculo, bases de datos, simuladores, medios digitales).

2. *Conocimiento en el manejo de herramientas y/o medios.* Ciertos programas de cálculo así como herramientas computacionales necesitan cierto grado de experiencia en su manejo debido a la complejidad del proyecto por lo tanto así resultará más fácil la obtención de resultados confiables.

3. Disponer de r*ecursos disponibles.* Los recursos disponibles como instrumentos, personal, material, softwares y presupuestos determinan el grado de precisión y confiabilidad de los estudios así como de sus resultados de alguna u otra forma.

4. *Tiempo disponible para el estudio*. Un punto determinante en los estudios de esta naturaleza pues muchas veces y forzosamente implica mediciones en sitio, requieren de una mayor cantidad de tiempo debido a la instalación de instrumentos, monitoreos y al periodo de medición que se quiera abarcar; por lo tanto está sometido a las condiciones cambiantes del clima por lo que puede prolongar los periodos de medición y en general, de todo el estudio.

5. *Precisión del análisis y confiabilidad de los resultados.* Dependiendo del grado de precisión requerido en el proyecto de investigación serán las herramientas que se utilicen y todo esto estará en base a la cantidad de variables incluidas, es decir, con herramientas más sencillas tienen menor grado de precisión debido a que incorporan solo unas cuantas variables del total que pueden ser consideradas y las más complejas son aquellas que incluyen todas las variables posibles.

6. Presentación de *los resultados de los análisis*. Diversas herramientas digitales arrojan resultados que pueden ser complejos para personas que no están familiarizadas con el tema como gráficas o tablas de datos, por lo tanto es necesario definir la forma de presentar el análisis.

7. *Complejidad del proyecto.* Esto se ve reflejado en el tiempo que requiere el estudio de un proyecto de gran complejidad y a la cantidad de información que a su vez puede contener, ya sea un género de edificio más complejo que otro.

8. A*plicación de los resultados.* En nuestro caso estuvo enfocado a la evaluación del desempeño lumínico de un espacio construido destinado a educación, modificación y mejoramiento de dichas condiciones en base a algunas estrategias de diseño, por lo tanto una vez definido el enfoque del estudio es posible definir las herramientas a utilizar.

9. *Normatividad vigente*. Como se estableció en el apartado referente a la normatividad en el uso de la luz natural en las edificaciones, esta cambia de una región a otra. Por este motivo es necesario verificar los requerimientos de carácter legal y hacer que los resultados de los estudios de iluminación concuerden con lo solicitado.

10. *Objetivos del estudio.* Los estudios aquí realizados pueden ser utilizados como un fundamento para realizar cambios a un espacio determinado, al servir como “pruebas” que avalen y den soporte a las posibles adecuaciones, sin embargo todo está en la definición del objetivo como el diagnostico, estimación, demostración, comprobación, aplicación, etc.

11. C*ompatibilidad y aprovechamiento de los métodos*. Las dos herramientas básicas aplicadas en este documento surgen de un mismo principio, por lo tanto, aunque tengan variantes es posible afirmar que son compatibles. Esta situación debe ser considerada sobre todo en el uso de programas de

cómputo, pues aunque tengan el mismo objetivo pueden tener variaciones ya que cada uno está regido bajo un código lógico en particular.

12. *Repetición futura del estudio.* Cada proyecto es único y enfocado a un punto en específico, sin embargo es posible establecer condiciones que posibiliten la repetición de los estudios para fines similares o en otro periodo de tiempo, como este caso de estudio.

Por lo tanto en todos los factores de estudio analizados que se presentaron, se aplicaron los métodos propuestos en modelos físicos y digitales con el objetivo de comparar los resultados que arrojan cada uno de ellos y ver la mejor opción, todo ello en base a los doce puntos descritos anteriormente.

Aunque los casos de estudio presentan diferencias en la función que desempeñan, se simularon las características del espacio y sus cualidades arquitectónicas reales y se aplicaron de manera correcta tratando de seguir en todos los casos el mismo método de estudio.

En primer lugar se establecen las características del espacio, se realizan las simulaciones pertinentes, los cálculos mediante los métodos propuestas, se comparan los resultados y finalmente se plantean las conclusiones que se detallan a continuación.

8.2 AHORRO ENERGÉTICO Y COSTO-BENEFICIO

El sector energético es responsable de más de la mitad de emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo. En **México** en el 2010 (Figura 395) la categoría de energía aportó aproximadamente un 67 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, dentro de la cual, la industria generadora de energía emitió el 21 % de GEI.[23]

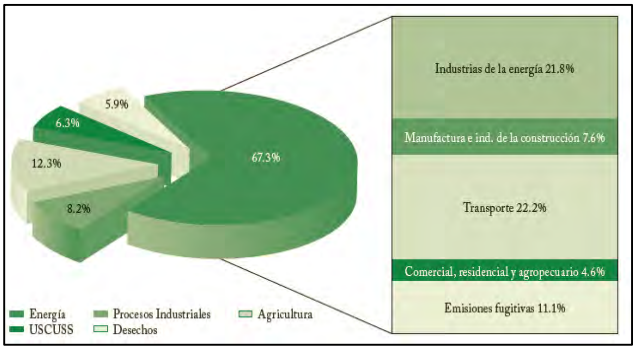


Figura 395. Contribución de emisiones de GEI por categoría.
Fuente: INE-SEMARNAT. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010

[23] Maestra en Políticas Publicas y licenciada en economía. Directora General de Planeación Energética en la Secretaria de Energía. (virastorza@energia.gob.mx)

Por consiguiente, de acuerdo al International Energy Agency (2012) en México se estima en promedio que por cada kilowatt-hora generado se emiten a la atmósfera ***715 gramos de GEI.*** Esto significa que cuando se genera un Gigawatt-hora (GWh) de energía eléctrica, se emiten a la atmósfera **715 toneladas de gases de efecto invernadero**, que comparado con Estados Unidos o Canadá es crítico al contar con 793 y 264 gramos respectivamente.

La tecnología existente en la generación de energía es diferente y varia de país a país, así como sus años de explotación, de ahí que el consumo de combustible en cada una de ellas sea distinto también. Por ejemplificar la cantidad de petróleo necesario para generar 1 kWh de acuerdo al International Energy Agency (2012), la media nacional es de unos ***277 gramos de petróleo.*** Para disponer de 3,000 kWh de energía eléctrica es necesario quemar alrededor de 1,000 kg de petróleo, o sea, una tonelada, equivalente a unos siete barriles.

Haciendo un análisis-energético de nuestro caso de estudio, el promedio anual de kWh consumidos es de **11,100 kWh,** por consiguiente si lo relacionamos a la cantidad de GEI, se emiten anualmente **7936500 gramos o 7.9365 toneladas de gases de efecto invernadero (Figura 396);** en cuanto a la cantidad de petróleo necesario serian 3074.7 kg o 3.0747 toneladas, equivalente a unos 20 barriles, siendo realmente excesivo el consumo energético.

Figura 396. Relación de consumo energético y emisión de GEI

Desde hace tiempo hay falta de planeación en políticas públicas en cuanto a la energía eléctrica de escuelas públicas; de acuerdo a declaraciones realizadas por el diputado Roberto Ruiz Moronatti (PRI), las tarifas eléctricas para uso industrial en alta tensión son más bajas que las que pagan los centros escolares públicos, quien propuso en el 2012 solicitar a la Comisión Federal de Electricidad eximir a las escuelas de este pago e indicó que la gran mayoría de los centros escolares del país se encuentran ubicados en zonas que corresponden a la tarifa 2 y 3.

De acuerdo a información solicitada al municipio, la escuela corresponde a la tarifa 2 de 3 hilos con un promedio diario de 30.41 kWh, donde tiene un cargo fijo de $54.31 al mes y costo de $2103 por cada uno de los primeros 50 kilowatts-hora; $2540 por cada uno de los siguientes 50 kilowatts-hora y $2797 por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores, es decir, el costo promedio por kWh es de $3.88, por lo que la tarifa que les cobran a las escuelas públicas, en muchas ocasiones, es superior a la que pagan algunas industrias y adicionalmente al impacto de los altos costos de la energía eléctrica en los centros escolares, éstos deben sortear los gastos de mantenimiento y equipamiento de los planteles. Todo esto, provoca que las escuelas destinen más recursos al pago de energía eléctrica que para el equipamiento del plantel, que de acuerdo a la cantidad de kWh tenemos un **costo anual de $43,068.00** de pago a CFE para este plantel y este tipo de tarifa. De acuerdo al último censo de escuelas, maestros y alumnos de educación básica y especial, elaborado por el INEGI en el 2013, en México existe un total de 207,682 planteles, de las cuales 42.5% son primarias, 40.1% de preescolar y 16.7% son secundarias. Del total, 86.4% son públicas y 13.6% son privadas, a los que asisten más de 25 millones de alumnos y en los que laboran más de dos millones de trabajadores, entre profesores y personal administrativo.

Para estar más conscientes del impacto energético y ambiental que presenta este proyecto de investigación, en el Estado de México se cuenta con ***6667 planteles públicos a nivel primaria,*** que relacionándolo con los aspectos económicos y medioambientales explicados anteriormente podemos generar un valor promedio energético muy general consumido en ***74,003,700 kWh con un costo de $ 287,134,356*** y cerca de ***52,912,645.50 kg o 52,912.64 toneladas de gases de efecto invernadero de manera anual.*** Como parte de los productos y conclusiones de esta investigación esencialmente es el mejoramiento de las condiciones lumínicas para un caso en específico por medio de estrategias de diseño de iluminación diurna, es decir, el aprovechamiento de energías renovables y autosuficientes con el fin de obtener confort lumínico y contribuir al ahorro energético. Por ello analizaremos el costo-beneficio con el planteamiento de los dos mejores casos para el salón en la tabla 169.

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO						
MEJORES CASOS	VALORES DE FLD OBTENIDOS	FLD GANADO RESPECTO AL AULA ORIGINAL	COSTO	RELACION COSTO/ BENEFICIO	NIVEL DE CONVENIENCIA	ESCALA DE CONVENIENCIA
	FLD	FLDG= FLD-FLDA	C ($)	RCB= (C/FLDG)/FD	NC= (FLDG/RCB)*100	#
CASO 1 *REFLECTANCIAS ALTAS Y MEDIAS EN MUROS Y PLAFON *CAMBIO DE CRISTALES VIEJOS INSTALACION DE CRISTAL CLARO MANO DE OBRA INCLUIDA	7.03	4.71	4572	0.97	485	3
CASO 2 *REFLECTANCIAS ALTAS EN PLAFON *CAMBIO DE CRISTALES VIEJOS INSTALACION DE CRISTAL CLARO MANO DE OBRA INCLUIDA	5.36	3.04	2372	0.78	390	1
CASO 3 *REFLECTANCIAS ALTAS EN PLAFON	3.5	1.18	1100	1	126.6	2
FLDActual sin estrategias=	2.32	FACTOR DIVISOR (FD)=	1000			

Tabla 169. Análisis costo-beneficio con mejores casos

Una vez obtenido este costo-beneficio queda claro que la elección está en función de lo más sencillo, rápido, eficaz, útil, productivo y económico que se puede obtener; y ya que los salones y espacios que conforman el conjunto generalmente comparten las mismas condiciones de orientación, materiales, planos de trabajo, seria digno considerar el análisis del costo para toda la escuela con una inversión total para todos los salones y aulas de estudio de la escuela de ***$28,464.00*** considerando el Caso 2.

Según la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2010) para una región templada donde el consumo sea sin calefacción/aire acondicionado el 43% del consumo está destinado a energía eléctrica, es decir, nuestro proyecto posee actualmente un consumo eléctrico anual de **4773 *kWh*** destinado a este aspecto tanto en el día como en la noche, es decir, las 24 horas. Con el uso de las estrategias planteadas se puede prescindir al 100% el uso de la energía eléctrica en la jornada laboral (de 8 AM-6 PM), por lo que solo se usaría en las noches de manera auxiliar. En la tabla 167 se resume el consumo energético (kWh), las emisiones de GEI (Ton) y ahorro energético del caso de estudio sin y con estrategias, así como un panorama general de la situación que podrían presentar todas las escuelas primarias del estado de México en un marco generalizado.

USO DE ILUMINACION ELECTRICA	CONSUMO ANUAL (kWh)	COSTO ANUAL ($)	EMISION DE GEI ANUALES (TON)	CONSUMO ANUAL ESC. PRIM. DEL EDO. DE MEX. (kWh)	EMISION DE GEI ANUALES ESC. PRIM. DEL EDO. DE MEX. (TON)
ESTADO ACTUAL	4773	18519	3.41	31,821,591	22,752
ESTADO CON LA PLICACIÓN DE ESTRATEGI DE DISEÑO DE ILUMINACIO NATURAL	2050	7954	1.46	13,667,350	9,772
AHORRO ENERGETICO	*2196 (57%)*	*10,565 (57%)*	*1.57 (57%)*	*18,154,241 (57%)*	*12,98 (57%)*

Tabla 170. Ahorro energético y de emisión de GEI con caso base sin estrategias y con la aplicación del caso 2

La reducción energética y de GEI es significativa a nivel local como estatal, además que se obtiene ahorro en el pago tarifario a CFE con un retorno de inversión de 2.5 años aproximadamente, por consiguiente la situación es clara, la energía eléctrica y la emisión de GEI actualmente constituye un gran tema a considerar en las escuelas públicas de todo el país y haciendo un uso responsable de las energías renovables podemos influir de manera drástica en el consumo energético, en el costo total y reduciendo drásticamente la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera. Otro factor de suma importancia es que según las cifras de la INEGI (2014) consideran que las tarifas de electricidad en México son de las más caras del mundo como se describe a continuación:

*El precio promedio a nivel nacional del kilowatt-hora (kWh) de 1999 al 2012 registró un incremento de 260%, contra 82% de aumento en el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) en el mismo lapso.

*Las tarifas para la mediana empresa, en ese periodo, pasaron de 52.28 centavos el kWh a 164.66 centavos, es decir, un incremento de 214%, 2.6 veces el nivel general de precios de la economía mexicana.

*En el servicio doméstico, el incremento en la tarifa eléctrica fue de 1.7 veces la inflación.

*La situación no cambia si lo comparamos con las tarifas que se cobran en otros países. En los últimos 10 años las tarifas industriales pasaron de 0.06 dólares por kilowatt-hora en 2003 a 0.12 dólares kilowatt-hora en 2013, un 86% más caras que en Estados Unidos o Asia.

*Con respecto a los países que integran la OCDE y de la cual México es miembro, las tarifas residenciales e industriales de México están por encima de esas naciones, es decir, de ser 10% más caras en 1998, se encarecieron 44% más el año pasado respecto a esos países.

*Ni que decir de las tarifas excesivas aplicadas a escuelas donde en muchas ocasiones, es superior a la que pagan algunas industrias.

Con este panorama del **consumo energético e impacto ambiental** que conlleva el uso desmedido de energía eléctrica sin considerar energías renovables y el uso de sistemas pasivos de alta eficiencia, viene la importancia de crear conciencia y ahorrar energía en nuestro quehacer diario, pues ahorrar energía eléctrica significa usar la cantidad estrictamente necesaria al realizar las diferentes actividades. Cada acción de consumo de electricidad debe ser una acción consciente y responsable, poniendo en práctica las medidas aconsejadas para hacer un uso racional de la energía eléctrica disponible, es decir, mientras menos energía eléctrica se consuma, menos unidades generadoras deben estar funcionando para satisfacer la demanda.

Para finalizar, es interesante ser consciente de que cuando **ahorramos electricidad**, también contribuimos a que la que se produce sea más limpia porque, cuando disminuye la demanda y se impone limitar el número de centrales en funcionamiento, las energías renovables tienen prioridad frente otras formas de generación y es por ello que hoy estamos ante el reto de continuar con el crecimiento económico, al mismo tiempo que reducimos nuestras emisiones. Esto se puede lograr haciendo más eficiente y racional su consumo por medio del consumo y aprovechamiento de energías limpias como es la energía solar.

8.3 CONCLUSIONES FINALES

Concretando, esta investigación dio la pauta para obtener las siguientes conclusiones:

1. Queda claro que el **sol** ha jugado un papel sobresaliente a lo largo de la **historia de la humanidad** por su poder oculto y misterioso de su brillantez, porque a pesar de su brillo protege a la humanidad y quedo impreso en la imaginación humana desde el despertar de la conciencia. No solo por cuestiones de su uso en las construcciones sino por su misterioso y extenso culto cosmogónico por todo el mundo. Es obvio que hoy en día poco a poco el uso de la **iluminación natural** viene recobrando esa fuerza perdida por el uso desmedido de combustibles fósiles y de la **energía eléctrica.**

2.- Con la época de la **posguerra y la posterior industrialización** acelerada en el mundo, se inicia un proceso de deterioro del ambiente, pero es especialmente a partir de la década de los setenta en el siglo pasado que este proceso se expande teniendo repercusiones globales en la pérdida de biodiversidad con impacto hacia las sociedades humanas y es por ello que la descripción de la situación del medio ambiente presentada incluye, hasta donde ha sido posible y hasta los alcances del mismo, una visión general en retrospectiva con la finalidad de ubicar al lector en un contexto temporal del uso de la energía. En los casos que se consideró relevante, también se incluyó información del contexto internacional.

3.- En la actualidad es notoria la dirección o el rumbo que **la arquitectura** está tomando. La **sustentabilidad** ha pasado de ser un tema tocado solamente en el ámbito académico y social a un tema primordial en el quehacer del arquitecto contemporáneo. **Es así como la arquitectura sustentable se perfila a ser la arquitectura del futuro.**

De acuerdo con la evolución humana, la percepción visual se ha adaptado a las características de la luz natural, por lo tanto los espacios iluminados mediante luz natural gozan de mayor aceptación que aquellos iluminados por luz artificial. Además del aspecto visual subjetivo, existen importantes consideraciones económicas, energéticas y relacionadas con el medio ambiente que han impulsado a mejorar el uso de la luz natural, el cual incluya sistemas de protección solar y control térmico. Las características de la piel del edificio, en especial de aquellos elementos transparentes como ventanas, domos, y patios, son un factor determinante en el comportamiento climático y energético del mismo.

4.-La descripción de la situación actual **normativa y reglamentación** en el tema que nos compete presentada incluye una visión específica y detallada con la finalidad de ubicar el contexto general de hoy en día incluyendo información del contexto internacional quedando claro que cuando se evalúa la iluminación interior alcanzada por diferentes alternativas de diseño de un local, estas deben ser contrastadas con los niveles recomendados para la actividad visual a desarrollarse en el local, de modo que se asegure la realización de esta tarea con eficacia y confort, sin embargo, las condiciones lumínicas

varían de lugar a lugar, de persona a persona y es difícil el que solo consideren factores estáticos de diseño.

Durante los últimos años, México ha puesto en marcha y ejecutado estrategias adecuadas para la recolección de datos y construcción de indicadores con resultados que deben ser vistos como un punto de partida. Sin embargo, el trabajo no está terminado y falta mucho por hacer por lo tanto, este proyecto de investigación sirve como pauta para dirigir la discusión de indicadores sobre un tema que se ha convertido en un instrumento de gran importancia para la **transición energética**, y lograr la **sustentabilidad de las acciones que se desarrollan en nuestro país.**

5.- Como ya se mencionó uno de los temas centrales de **la arquitectura sustentable es el uso eficiente de la energía** donde idealmente cada proyecto arquitectónico debería llevar intrínseca una estrategia energética enfocada a lograr beneficios sustentables Por lo tanto el equipo de diseño deberá involucrarse en una etapa temprana del proyecto buscando minimizar los consumos energéticos y maximizar el uso de los recursos, como en nuestro caso es la iluminación diurna.

El aprovechamiento de la luz solar ofrece una oportunidad enorme para el ahorro de energía eléctrica, con los consiguientes beneficios ambientales que ello otorgaría, en arquitectura creada para vivirla y sobre todo obtener bienestar y seguridad, en el marco de un desarrollo y utilización responsables de los recursos naturales que aún hoy disponemos. El reto a futuro es la integración de conceptos y productos novedosos en el diseño arquitectónico, cumpliendo con los requerimientos visuales (confort visual) así como con los requerimientos de protección solar y térmica (confort térmico y comportamiento energético). El aumentar el uso de energía renovable en lugar de energía eléctrica mejora considerablemente la **calidad de vida y del medio ambiente.**

6.-Poniendo en primera instancia, de acuerdo a los estudios y bibliografía mencionada en el trabajo, la **salud de los usuarios** en general puede ser influida tanto de forma positiva como negativa mediante la presencia de la luz natural dentro o fuera de los espacios arquitectónicos. Esto pone de manifiesto la importancia de considerar este aspecto como una parte fundamental de cualquier diseño ya sea urbano o arquitectónico como parte integral en donde la luz contribuya al desarrollo de las actividades de los usuarios. De no ser así, es posible que las condiciones en las cuales se desarrollan las actividades de las personas no propicien el rendimiento óptimo y disminuyan la productividad al reducir las capacidades visuales o que se ponga en riesgo la **salud física, psicológica y mental de las personas**. Por lo tanto desde el punto de vista del diseño de iluminación un **buen diseño integral** es aquel en el que las personas pueden desarrollar sus actividades sin percibir la carencia de luz y por el lado contrario, su presencia excesiva y los efectos nocivos de estas dos circunstancias.

7.- Debe extraerse el **máximo aprovechamiento de la iluminación natural empleada**, evitándose pérdidas innecesarias en la distribución, manipulación y uso de la misma, utilizando técnicas y dispositivos eficientes para cada caso de aplicación, y para el consumidor final. Para realizar esta tarea, como ya se expusieron a detalle es necesario conocer, manejar y ejecutar una serie de factores y/o parámetros.

Las condiciones lumínicas dentro de un espacio arquitectónico dependen de una enorme variedad de aspectos ya sean **climáticas, de ubicación, entorno mediato e inmediato, género de edificio, actividad a realizar, disponibilidad de luz de día, ubicación geográfica, características físicas del inmueble, propiedades ópticas de los materiales, obstrucciones externas, época del año, orientación, profundidad del espacio, vegetación, sistemas de iluminación**, entre otros que permitan mejorar las condiciones de confort lumínico y de ahorro de energía.

8. Los métodos de cálculo **(hojas de cálculo y Monitoreos en sitio)** que se analizaron en este proyecto pueden ser utilizados como una herramienta auxiliar al proceso de diseño de los espacios arquitectónicos debido a que proporcionan resultados que pueden ser analizados de forma objetiva y cuantitativa y pueden ser a su vez, comparados entre ellos. Sabemos que las variables climáticas cambian dependiendo de la región, pero esto no es un impedimento para utilizar estos métodos analíticos en hoja de cálculo como herramientas para generar una gama variada de posibles soluciones.

Para esto es importante considerar que existen pequeñas diferencias entre los resultados que presentan los Monitoreos en la realidad y los resultados de los cálculos debido a las simulaciones en modelo físico tridimensional generados precisamente por las variables climáticas del sitio.

9. Concretamente el **Factor de luz de día** obtenido por las simulaciones en el modelo físico tridimensional presenta pequeñas diferencias al compararlo con los datos generados por mediciones directas. A pesar de esto, no es motivo para descartarlo como uno de muchos parámetros a considerar en el diseño de iluminación.

Es difícil que un modelo pueda simular de forma precisa un fenómeno natural y más aún, cuando el fenómeno es tan cambiante debido a su naturaleza como lo es la luz. A pesar de todo lo anterior, el **Método de factor de luz de día** y precisamente en general las **simulaciones por medio de modelos físicos tridimensionales** previamente calibrados puede ser utilizado como un parámetro en el diseño en las edificaciones, puesto que los resultados obtenidos son relativos y son confiables.

10. **Los programas de cómputo** presentan diferencias al compararlos con las mediciones y los métodos de cálculo manuales. Además de esta diferencia, una desventaja de la utilización de los programas elegidos radica en que casi todos ellos impiden conocer **los algoritmos y/o variables** a partir de los

cuales se generan los resultados. Se trató de simular con exactitud las mismas variables en el modelo real como en el digital, sin embargo, el desconocimiento de esos algoritmos esto pone en duda la validez y confiabilidad de los resultados.

A pesar de esta situación es posible considerar a los programas como una **herramienta útil** por la forma en que presentan los resultados, además que son más rápidos y sencillos de utilizar. Al generarse imágenes que pueden ser interpretadas de forma más directa y más fácil como lo son las rejillas 2d de iluminancia o luminancia, es posible observar otro tipo de información que sería difícil de apreciar mediante los métodos manuales los cuales únicamente arrojan cifras como resultados.

Al trabajar con programas de cómputo es importante mencionar que estos no han sido actualizados, mejorados o en el peor de los casos, ya son lamentablemente descontinuados, motivo por el cual hay que considerar que los resultados presentaran variaciones dependiendo de las versiones de los programas en los que se generen. Por este motivo los programas de cómputo y otras técnicas emergentes como las imágenes renderizado horarias de iluminancia, luminancia y FLD se deben utilizar bajo la consideración de que su validez y confiabilidad no es de un 100%. Se puede concluir que programas como **Ecotect Analysis 2011, Radiance Desktop 2.0 beta y Daysim 3.1**, son herramientas que si bien no son al 100% confiables si tienen una tendencia cercana del comportamiento lumínico dentro del espacio analizado y son más útiles para realizar estudios **de tipo cualitativo (distribución luminosa, ubicar deslumbramientos y brillantez excesiva)** puesto que son más visuales por encima de estudios **cuantitativos (cálculo de los niveles de iluminación).**

11. **Las estrategias de diseño** fueron planteadas con el objetivo de demostrar mediante ejercicios prácticos cómo y cuándo se puede utilizar cada uno de los factores de diseño seleccionados a fin de ser calibrados y modificados y así mejorar las condiciones lumínicas en el caso de estudio. De forma resumida, la elección de estos factores dependieron en gran medida del momento en que se puedan utilizar las herramientas, del grado de precisión que requiera en los estudios y evaluaciones o en su de defecto, la forma de presentar los resultados.

Como se pudo apreciar, cada uno de los factores seleccionados tiene rasgos especiales que los distinguen de los demás, aunque algunos guardan cierta similitud debido a que parten del mismo principio, podemos afirmar que no son iguales en su procedimiento de aplicación y por lo tanto en los resultados que arrojan. Aunque cada uno de ellos es distinto y está destinado a un objetivo en particular se puede afirmar que todos de manera general, persiguen por lo menos uno de los siguientes aspectos: permitir la visualización del comportamiento lumínico de un espacio que utiliza luz natural, estimar valores de iluminancia, iluminancia o factor de luz de día, evaluar el grado de confort visual que se puede

presentar en el espacio, determinar el potencial de ahorro de energía mediante el uso de luz natural, visualizar el comportamiento dinámico de la luz natural a lo largo de un periodo de tiempo.

12. Para el caso del **Factor Transmitancias**, queda claro la función del mismo en una ventana, es decir, aquel elemento constructivo abierto en un muro con el objetivo de proveer luz natural y ventilar un espacio interior cerrado siendo el principal elemento arquitectónico transmisor de la luz, tendiendo tres funciones básicas: **iluminar, ventilar y controlar ganancias térmicas.**

Para nuestro caso de estudio nos enfocamos al factor luz cuyos objetivos son: controlar la penetración de luz solar directa sobre el plano de trabajo, controlar el contraste de claridad dentro del campo visual de los usuarios, entre las ventanas y las superficies circundantes del espacio, maximizar la transmisión de luz por unidad de área vidriada ya sea en marcos y hojas de ventanas esbeltas, minimizar el deslumbramiento sobre los planos de trabajo, resultante de la visión directa de la fuente de luz en las ventanas superiores y en cuanto a transmitancias es claro a dónde va el resultado, a pesar que las mediciones en el modelo físico tridimensional y las simuladas por los softwares elegidos presentas diferencias en sus resultados se concluye que representa uno de los factores vitales en todo proyecto arquitectónico con el fin de mejorar las condiciones lumínicas del espacio, como se vio en los resultados es obvio lo sobresaliente que tiene el uso de **cristales claros con una transmitancia alta** en cualquier proyecto arquitectónico puesto que ascienden demasiado los niveles lumínicos en cualquier época del año; en el caso base (sin estrategias) la mayor parte del año las condiciones existentes están bajo la zona de confort lumínica (de 300 a 500 lux) y con el uso de este cristal y de acuerdo a la orientación del inmueble se incrementan en un 60%, siendo este la opción más valida; con **cristales Duovent** llegamos a incrementar los niveles lumínicos en un 40%, siendo esta también una opción a implementar.

Es necesario recapitular que, las condiciones de luz natural y el confort térmico están, a menudo en conflicto entre sí, recordemos que **en cuanto mayor es el área de ventanas mayor es la cantidad de luz natural, pero también mayores es la pérdida y ganancias de calor**, a menos que se introduzcan otros elementos para contrarrestar estos efectos, dando pie a investigaciones futuras. Se sugiere contemplar de manera integral el mantenimiento periódico para evitar pérdidas en las propiedades del material.

13. El **Factor Reflectancias** aplicado en nuestra experimentación se pasó de colores totalmente claros, tonos medios pasteles y oscuros teniendo diversos efectos a nivel iluminancia, luminancia y otro aspecto ajeno en la psicología que puede producir a los usuarios.

En el caso de la experimentación con **colores pasteles y reflectancias medias** ayudo a hacer más agradable el espacio y sobre todo a la vista con luz cálida. Las **reflectancias extremas y muy altas**,

además de distribuir y reflejar más la luz incidente al espacio producen sensaciones de malestar por sus deslumbramientos especialmente en muros además que pueden crear una sensación de descenso de la temperatura.

Partiendo de lo anterior, para este uso y género de edificio, se recomienda lo siguiente: **El plafón es aquel elemento que mayor condición de luminancia puede proporcionar al reflejar la luz de manera difusa** y debe tener un factor de reflexión al menos del 80 % y si es posible entre el 85 y el 90% con colores blancos o casi totalmente blanco preferentemente que sea mate. **Los muros deben de poseer revestimientos en tonos pastel y/o mates con una reflectancia entre el 50 y 70% como máximo**, teniendo como excepción aquellos muros en los que tengan incidencias directas, es decir, cerca de ventanas, en este caso hay que **reducir el factor de reflexión al 40% para evitar los deslumbramientos. El suelo**, que aunque no presenta mayores ganancias lumínicas, debe ser preferentemente claro sin exceso con **un factor de reflexión entre 20 y 30 %**, es decir, con colores ligeramente más oscuros que los muros. **El mobiliario y equipo de trabajo debe tener un factor de reflexión de al menos el 20% y si es posible entre el 25 al 45 %,** no se recomiendan claros ni brillosos para evitar deslumbramientos directos. Se sugiere contemplar de manera integral el mantenimiento periódico para evitar pérdidas en las propiedades del material.

14. **El Factor Obstrucciones** implementado de manera artificial y natural en la parte norte del espacio de estudio resulta muy importante puesto que representa dos casos: contaminación lumínica encareciendo los niveles lumínicos dentro del espacio y ligero aumento de iluminancia por cuestiones de reflexiones. De manera general las obstrucciones pueden causar intromisión lumínica, deslumbramientos y reduce la agudeza visual, empeora en algunos casos la seguridad ciudadana, falsa sensación de seguridad al producir zonas de sombra no deseadas, no se deja disfrutar de un cielo despejado y falta de derecho a la luz natural, menos calidad de vida, baja productividad en la actividad, consumo de recursos como la energía eléctrica por la falta de luz natural y por lo tanto se consumen más recursos naturales.

Las condiciones de iluminación que existen en el interior del caso de estudio, se vieron modificados de acuerdo al entorno que rodea al edificio, tanto con obstrucciones artificiales con ciertas características modificando la cantidad y calidad de luz en ciertas horas del día por el movimiento mismo del sol a lo largo del día y del año como un caso natural.

En este caso en particular, **para obstrucciones artificiales a una distancia máxima de 10 metros y a una altura de 6 metros con reflectancias altas o bajas existe influencia en el espacio**, mientras que a una distancia mayor es despreciable el efecto que pueda tener, mientras que para el caso natural, dicha obstrucción puede **encarecer en un 45 % las condiciones lumínicas del caso de estudio**. Por lo tanto, existe una relación muy importante respecto al edificio de estudio con los espacios que lo rodean,

hay muchas formas para iluminar los espacios naturalmente, sin embargo, aun cuando una ventana proporcione luz, esto no significa que haya un incremento de los niveles de iluminación a los espacios, se debe de promover la distribución de la luz y crear un vínculo con el exterior o lo que lo rodea. Por ello es esencial conocer, tanto como sea posible, **las reflectancias de todas las superficies exteriores importantes, es decir, contemplar todo el entorno del proyecto, tanto inmediato como mediato.**

15. **El Factor Orientación** resulto de vital importancia analizarlo, en una pequeña parte y poco alcance, puesto que con la orientación actual del caso de estudio, las **ventanas ubicadas al norte** admiten poca radiación solar comparada a las que miran al sur, este u oeste y la iluminación que llega por el norte es difusa sin causar reflejos ni contrastes.

En nuestra fachada sur, el sol está bajo en épocas de invierno en el cielo y hay penetraciones solares a considerar pues generan deslumbramiento, la Iluminación es muy contrastada con muchos reflejos con lo que no es buena orientación para lugares de lectura o clases, en cuanto a la este las fachadas reciben más horas de sol en verano y son espacios poco cálidos en verano, ya que sólo reciben soleamiento por la mañana, pero son menos cálidos en invierno que los orientados al sur y por último en la oeste la radiación directa incide en esta orientación por la tarde durante un largo periodo en verano y es corto en invierno. Debido a esto y gracias a las herramientas digitales utilizadas la mejor orientación se encuentra de **noreste-suroeste en un rango de 90º, siendo la ideal a 15º del norte.**

16. Casos con mejores resultados:

Los casos con mejores resultados, como se vio en la experimentación con medios digitales fueron dos, en cuanto al mejor y más extremo caso **(Plafón con alta reflectancia + Muros con alta reflectancia + Piso actual + Cristal Claro nuevo de 6 mm con transmitancia del 87.6%)** la iluminancia y el factor de luz de día se incrementa respecto al caso base el 300%, es decir, sobrepasa con creces el umbral superior de normatividad (500 lux), puesto que utiliza máximos índices de reflectancias y el mejor tipo de cristal que arrojo grandes resultados, sin embargo, como se mencionó anteriormente, las reflectancias extremas y muy altas, además de distribuir y reflejar más la luz incidente al espacio producen sensaciones de malestar por sus deslumbramientos especialmente en muros por lo que se sugiere seguir la recomendación del punto 13 en cuanto a reflectancias en los elementos constructivos y tener cuidado al elegir cristales claros por la cantidad de energía térmica que permite ingresar al espacio.

El segundo caso con mejor resultado y por lo tanto el más recomendable **(Condiciones actuales del caso de estudio en muros, pisos, plano de trabajo + Plafón con alta reflectancia + cristal claro nuevo de 6 mm transmitancia del 87.6%)** surge de la mejor conclusión obtenida: mejorar las condiciones del plafón con reflectancias del 80% o más, para este caso la iluminancia y el factor de día

aumentando en un 230% el caso base, superando ligeramente el umbral máximo de normatividad (500 lux), por lo tanto, si en dado caso se desea dejar las mismas propiedades de muros y pisos, bastara solo con cambiar las propiedades del plafón, considerar cristal claro y las condiciones lumínicas obtenidas darán grandes resultados.

En ambos casos resulta claro el análisis por medio de Daysim, el Daylight autonomy es de 93.17% para el caso 1 y 90.33% para el caso 2 en un umbral de 500 lux que comparado con el caso base sin estrategias es de 60.93 % teniendo un alto aporte.

17. En México, **la producción y uso de energía es la principal fuente de emisiones de CO_2**, y su tendencia es ascendente. Por ello, una mitigación efectiva de emisiones requiere el uso sustentable de la energía. Esto implica emitir menos, mejorando la eficiencia energética no solo para nuestro caso de estudio sino para todos los sectores. Como sociedad, **tenemos el reto de cambiar la forma en que consumimos la energía en nuestros hogares, al transportarnos, en nuestros lugares de trabajo, de estudio, etc.** También se debe de buscar la sustitución de combustibles más contaminantes por aquellos que emiten menos y el uso eficiente de los recursos renovables.

El uso de la energía está asociado a diversos sectores de la economía: por ello, debe haber una cooperación estrecha entre las distintas entidades gubernamentales para aprovechar los mecanismos existentes o crear nuevos y, así, cubrir aquellos huecos de información. **El desafío no es pequeño, sin embargo, si logramos trabajar en equipo y todos juntos, podremos mejorar la situación actual y diseñar las políticas necesarias para poder lograr un futuro mucho más competitivo y sobre todo limpio y sustentable.**

El principal beneficio es demostrar que mediante las estrategias de diseño de iluminación diurna aplicadas se logra **disminuir en un 57% la cantidad de kWh consumidos, el costo y sobre todo las emisiones de GEI contribuyendo al desarrollo del país.** El ahorrar energía eléctrica implica el que se dejen de quemar combustibles fósiles y se obtenga un beneficio económico, pues extraer o importar esos combustibles fósiles cuesta divisas al país, lo que hace que el costo por kilowatt-hora (kWh) generado ascienda actualmente a 0,15 USD/kWh. En el plano familiar y/o laboral, lo que cada núcleo logre ahorrar se traduce en una disminución de su factura eléctrica ante CFE. Al ahorrar energía eléctrica se obtiene también un beneficio ambiental, pues se dejan de emitir sustancias contaminantes al medio ambiente causantes del sobrecalentamiento global, con su secuela de modificaciones climatológicas a nivel planetario. En nuestra área geográfica estas alteraciones adversas se manifiestan en una mayor intensidad de las tormentas tropicales, así como intensas sequías, en algunas partes del país. Ahorrar energía eléctrica nos permite disponer de esa energía para satisfacer otras necesidades y aumentar el confort y la calidad de vida.

8.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis:

Si para desarrollar al máximo las actividades en un sitio de trabajo se requiere de una buena iluminación, entonces al implementar estrategias de diseño de iluminación natural en escuelas de nivel básico que distribuyan de manera eficiente las fuentes de iluminación y simulen un entorno visual confortable, coadyuvaran al mejoramiento de las condiciones de confort lumínico, se obtendrá ahorro energético y ayudaran al cambio climático reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero.

Verificación*:*

Como se pudo apreciar en el capítulo cuatro de la iluminación natural en el diseño arquitectónico sobre Confort Visual, una buena distribución de la iluminación influye en el confort visual y laboral de cualquier usuario, por lo que una iluminación deficiente en el ambiente de trabajo, que no cumple con las normas de iluminación recomendadas ni otros factores ajenos y no mencionados en dicho código afecta las tareas visuales y por consecuencia genera el uso obligatorio de la iluminación artificial.

Por lo tanto, una vez concluido este proyecto de investigación y vaciando todos los resultados de los factores que forman parte de las estrategias de iluminación natural en el caso de estudio demuestran claramente el mejoramiento de sus condiciones lumínicas, sobrepasando incluso los requerimientos establecidos por la normatividad local. Una selección de aquellos factores que pueden coadyuvar al mejoramiento de las condiciones lumínicas fue lo que determino en mayor medida dicho resultado, mejoró el confort lumínico en el caso de estudio, cooperó sustancialmente en el ahorro energético mostrado anteriormente en el análisis energético y por consiguiente ayudo al cambio climático con la reducción significativa de gases emitidos a la atmosfera.

Entonces en consideración a estos argumentos:

LA HIPÓTESIS PLANTEADA SE CUMPLE SATISFACTORIAMENTE

8.5 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Son variados y muchísimos los casos a los cuales puede dar pie este proyecto de investigación, entre ellos se encuentran:

1. Estudiar, definir, plantear y buscar la incorporación de los conocimientos extensos sobre iluminación natural en guías y manuales de diseño, así como en normas y reglamentos de manera correcta.

2. Hacer estudios en los cuales se plantee la integración de la luz natural con sistemas de iluminación artificial. Esto incluye la incorporación de sistemas de alta eficiencia, tanto de control solar como de optimización de la iluminación interior con la intención de conocer el potencial de ahorro energético que tienen las edificaciones al utilizar de forma adecuada la luz natural como fuente primaria de iluminación.

3. Estudios que hagan énfasis en la variedad de géneros de edificios considerando las tareas a realizar, pues no será lo mismo diseñar para una biblioteca, salas de lectura como para una oficina, tratando de darle prioridad a la luz natural apoyándose de sistemas de iluminación artificial de alta eficiencia.

4. Estudios que planteen la variedad de las condiciones lumínicas de acuerdo a la ubicación geográfica del sitio, tanto para latitudes sur como norte.

5. Realizar proyectos de investigación que consideren las distintas morfologías de la edificación, haciendo énfasis en la orientación de los sistemas de iluminación.

6. Investigaciones sobre los efectos de las obstrucciones naturales en entorno urbano, ya sea aprovechamiento de la topografía o de la vegetación así como el aprovechamiento de las obstrucciones artificiales para iluminar los espacios mediante la reflexión de la luz sobre las superficies utilizadas en fachadas.

7. Evaluar y comparar otros modelos para el cálculo de la iluminancia tratando de incorporar un mayor número de variables como la nubosidad, tipos de cielo y otras variables para determinar cuál es el que se ajusta mejor a las condiciones de la Ciudad de México y su área metropolitana.

8. Investigaciones que planteen y evalúen a mayor detalle las condiciones atmosféricas. A partir de esto es posible descartar aquellos modelos que presenten mayor nivel de error o en el mejor de los casos, se podría generar un nuevo modelo. Con esto también será posible conocer el comportamiento y la distribución luminosa del Cielo bajo distintas condiciones atmosféricos lo que permitirá aprovechar los métodos de análisis que utilizan este parámetro como base para determinar los efectos de la luminancia en los espacios interiores de las edificaciones.

9. Realizar investigaciones para tratar de obtener una caracterización más precisa del cielo de la Ciudad de México y su área metropolitana para compararlo con los establecidos por el CIE. Con esto será posible determinar un cielo o varios cielos de diseño, que puedan ser utilizados con fines de cálculo y diseño.

10. Investigar a fondo y a detalle la relación que existen entre la luz natural y la salud de las personas. Relacionando estos estudios con otras ciencias afines como la psicología ambiental enfocándose al rendimiento escolar y productividad laboral.

11. Realizar investigaciones enfocándose a las proporciones ideales del espacio arquitectónico tanto de tamaño, alturas y profundidad para tener las mejores condiciones lumínicas.

12. Estudiar los distintos sistemas de iluminación natural, su comportamiento, mejoramiento y/o proporciones ideales.

13. Plantear las mejores disposiciones de mobiliarios y planos de trabajo dentro de un edificio en particular para el máximo aprovechamiento del astro rey y evitar molestias y deslumbramientos.

14. Relacionar los estudios del comportamiento lumínico de las ventanas con el comportamiento térmico para tratar de establecer criterios de diseño en los que se incorporen ambas variables de forma simultánea y no separada.

15. Analizar y evaluar las diferentes orientaciones de la ventana así como su inclinación dando como resultado grandes recomendaciones al diseñador.

16. Estudiar los métodos de cálculo para ventanas cuya superficie y vano, se encuentren en una posición inclinada y bajo diferentes orientaciones.

17. Análisis y comparativa de sistemas auxiliares de aportación diurna tanto como para captación, protección y re direccionamientos en un caso en específico.

18. Elaboración de una metodología de estudio de iluminación natural que pudiera ser replicada en toda la República Mexicana, considerando obviamente tanto las condiciones climáticas, geográficas y de entorno de cada sitio.

19. Evaluar a detalle la confiabilidad y validez de los programas de iluminación natural más utilizados realizando de forma constante una revisión y/o simulaciones así como hacer estudios de la validez y confiabilidad de métodos de cálculo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agency, I. E., 2012. *Electricity Information 2012, Energy Balances of OECD Countries 2012, Energy Balances of Non-OCDE Countries 2012,* s.l.: s.n.

2. Aguayo, F. y Gallagher, K. P., 2005. *Economic Reform, Energy and Development: The Case of Mexican Manufacturing..* México: Energy Policy.

3. Arias Orozco, Silvia y David Ávila Ramírez, 2004. *La Iluminación Natural en la Arquitectura en climas semitemplados.* Guadalajara: s.n.

4. Armando Leyva C. , 1986. *Principios Físicos de la Radiación Solar.* Laboratorio de Energía Solar del I.I.M. de la U.N.A.M. ed. Temixco, Morelos: Memorias del curso de actualización en Energía Solar.

5. Barchiesi, R., 2007. *Asoleamiento en Arquitectura, Temas del curso de Acondicionamiento Térmico.* Oficina del Libro CEDA ed. Montevideo: Facultad de Arquitectura.

6. Borisuit, A., Scartezzini, J.-L. & Thanachareonkit, A., 2010. *Visual discomfort and glare rating assesment of integrated daylighting.* Suiza: s.n.

7. Brandwein., P., 2009. *FÍSICA, la energía, sus formas y sus cambios..* s.l.:s.n.

8. Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), 1993. *Lighting Guide.* CIBSE ed. Londres: CIBSE.

9. Comité Español de Iluminación (CEI), Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005. *Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas.* España: CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO.

10. Communities, C. o. t. E., s.f. *European Reference Book on Daylighting.* s.l.:s.n.

11. economista, E., 2012. *PEMEX Exploración y Producción,* s.l.: s.n.

12. Edwards S. Cassedy, Peter Grosmann, 1990. *Introduction to energy: resources, technology and society..* s.l.:Cambridge: Cambridge University Press.

13. García Chavez, J. R., 1999. *Arquitectura, Medio ambiente y Desarrollo Sustentable.* Mexico: Universidad Autonoma Metropolitana.

14. García Chavez, J. R., 2000. *Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable.* México: Universidad Autónoma Metropolitana.

15. García Chavez, J. R. & Fuentes Freixanet, V. A., 2005. *Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico.* México: Trillas.

16. García Chávez, J. R. y Díaz, A. *Potencial de un Sistema de Iluminación Innovador de Alta Eficiencia para el Aprovechamiento de la Luz Natural en Edificaciones Comerciales. Sistemas Lumínicos de Luz Natural de Alta Eficiencia Aplicados en la Arquitectura*. Memorias de ANES 2010. Guadalajara, México, D.F. 2010

17. García Chávez, J. R., Moyo, R. *Análisis y Evaluación del Comportamiento de Ductos Lumínicos para el Aprovechamiento de la Luz Natural en un Edificio Deportivo*. Memorias de ANES 2009. Guadalajara, Jalisco, México, 2010

18. García Chávez, J.R. *Integración de Estrategias Bioclimáticas para Obtención de Confort Térmico y Lumínico en Edificaciones Comerciales*. Memorias de ANES, México, 2004

19. García Chávez, J. R. *Estrategias para el Aprovechamiento de la Luz Natural e Integración con Iluminación Eléctrica en Edificaciones en Climas Cálidos para Ahorro de Energía y Confort Lumínico*. Memorias de ANES, México, 2002. pp 207-212

20. García Chávez, J. R. *Importancia de la Utilización de la Luz Natural en la Arquitectura y su Relación con la Normatividad*. Memorias del Coloquio Internacional de Diseño 2013. Toluca, México

21. García Chávez, J. R., Díaz, A. *The Potential of an Innovative Sunlight System to Improve Luminous Comfort in Buildings. Application of a Specular Sunlight Device in Real Buildings*. PLEA 2012, Lima, Peru.

22. García Chávez, J. R. *Sistemas Lumínicos de Luz Natural de Alta Eficiencia Aplicados en la Arquitectura*. Coloquio Internacional de Diseño 2012. Toluca, México

23. García Chávez, J. R. et al. *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. Editorial Limusa. México, D.F. 2005

24. García Chávez, J. R. *Estrategias para el Aprovechamiento de la Luz Natural e Integración con Iluminación Eléctrica en Edificaciones en Climas Cálidos para Ahorro de Energía y Confort Lumínico*. Memorias de ANES. pp 207-212. México, 2002

25. García Chávez, J. R., Apolo, J. S*istemas de Iluminación de Alta Eficiencia para Obtener Confort Lumínico y Ahorro de Energía en un Edificio de Oficinas*. Memorias de ANES 2012, Cuernavaca, Morelos, México. pp. 160-166.México, 2012

26. García Chávez, J. R. et al. *Manual de Arquitectura Solar Sustentable*. Editorial Trillas. México, 2014

27. García Chávez, J. R. *La Normatividad en la Edificación y su Relación con el Confort Lumínico y el Ahorro de Energía en México. Un Enfoque Hacia la Sustentabilidad*. Libro Estudios de Arquitectura Bioclimática. pp. 125-136. Editorial UAM, México, 2015.

28. García de la Navarra, E. & Navarro Belsúe, R., 2000. *Vision y Vida.* Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ed. s.l.:Instituto de Óptica "Daza de Valdés.

29. Gilberto De Hoyos C. , 1985. *Cuadrantes Solares.* México, D.F: Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco.

30. GIZ, 2013. *Arquitectura bioclimatica y vernácula.* Curso: Arquitectura bioclimatica y vernácula ed. Mexico, D.F: Apuntes de CONALEP.

31. Granados H., 2006. *Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética..* España: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.

32. Guerra Macho, 1998. *Guía Básica para el Acondicionamiento Climático de Espacios Abiertos.* Madrid: CIEMAT.

33. Héctor Ferreiro L., 1985. *Geometría Solar.* Ciudad de México: apuntes de la Universidad Iberoamericana.

34. Hernández Pezzi, C., 2012. *Un Vitrubio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible.* s.l.:Gustavo Gili.

35. IEA, 2000. *Day light in Buildings, a source book on daylighting on systems and components.* s.l.:s.n.

36. INEGI, 1997. *Estadisticas del medio ambiente.* México: SEMARNAT.

37. INEGI, 2010. Cambio climático global: Causas y consecuencias. Issue 16.

38. M. Chanampa, 2010. *Tecnologías verdes como instrumentos de rehabilitación.* s.l.:Comunicación en congreso, SB10mad Sustainable Building.

39. M.Boubekri, 2008. *Daylighting, Architecture and Health: Building Design Strategies..* s.l.:s.l.:Architectural..

40. Martin Roberto Maqueda Zamora, Luis Agustín Sánzhez Viveros, 2008. CURVAS DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR DOMÉSTICO DE DOS TREGIONES DE MÉXICO. *Smart Metering West Coast*, 18 Agosto, p. 9.

41. Mills, E. Y Borg, N., 1999. *Trends in recommended illuminance levels: An international Comparison.* s.l.:Journal of the Illuminating Engineering Society. Winter.

42. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998. *Enciclopedia de la Organización Internacional del Trabajo, de salud y seguridad en el trabajo.* 3ra. edicion ed. Madrid, España: s.n.

43. Ministro de Trabajo, Empleo y seguridad social. Presidencia de la Nación. Superintendencia de riesgos del trabajo. , 2011. *La Iluminacion en el ambiente laboral.* s.l.:Guia practica No. 1. Gerencia de prevención..

44. Moore, Fuller, s.f. *Concepts and practice on Architectural daylighting.* s.l.:s.n.

45. Moore, F., 1991. *Concepts and Practice of Architectural Daylighting.* New York: Van Nostrand Reinhold.

46. Moore, F., 1993. *Environmental Control Systems.* Heating Cooling Lighting ed. s.l.:McGraw-Hill.

47. Morrison A.M. et al., 2011. *Systems biology-based analysis implicates a novel role for vitamin D metabolism in the pathogenesis of age-related macular degeneration.* s.l.:Human Genomics.

48. N. BAKER., 2002. *Dimensiones y ubicación del vano.* Mexico.: et al., op. cit..

49. Nora Escobar, Julio Cesar Nefa y Víctor Vera Pintos, 1997. *Riesgos del ambiente físico de trabajo.* Argentina: PIETTE-CONICET.

50. Norma IRAM AADL J 20-04, 1974. *Iluminación en escuelas,* Argentina: s.n.

51. Norma IRAM AADL J 20-06, 1996. *Niveles mínimos de servicio de iluminancia,* Argentina: s.n.

52. OECD, 2011. *Energy Balances od OECD Countries and Energy Balance of Non-OECD Countries.* s.l.:s.n.

53. Ortega, A., 2012. *Geometria solar.* CURSO, DISEÑO BIOCLIMATICO EN LA EDIFICACIÓN URBANA ed. s.l.:Apuntes de la UNAM.

54. Partch C.L. et al., 2005. *Role of Structural Plasticity in Signal Transduction by the Cryptochrome Blue-Light Photoreceptor.* s.l.:Biochemistry.

55. Pattini, A., 2006. *Manual de Iluminación Eficiente.* Buenos Aires: s.n.

56. Portilla, M. L., 1968. *Tiempo y realidad en el pensamiento maya.* UNAM ed. Mexico: Instituto de Investigaciones Históricas. .

57. Ramirez, D. & Arias, S., 2004. *La Iluminacion Natural en la Arquitectura.* Coordinacion Editorial ed. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.

58. Ristinen, R. A., 1999. *Energy and environment.* s.l.:New York: John Wiley & Sons.

59. Rodiger Ganslandt, 2010. *Como planificar con luz.* ERCO Edicion ed. España: Harald Hofmann.

60. Rubio, R. D., 2011. *Repercusion medioambiental del uso de la cerámica estructural en España. Energía embebida y emisiones de CO2.* TRABAJO FIN DE MASTER ed. Madrid: s.n.

61. SEMARNAT, 2012. *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones.* México: s.n.

62. SEMARNAT, 2013. *Cambio climático: Una visión desde México.* México: s.n.

63. Sierra, C., 2006. *Confort visual y diseño de iluminación: ¿cuál es el objetivo de una instalación de alumbrado?,* Barcelona: DISTRELEC.

64. Simon, L. A., 2004. *REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL.* MEXICO: TRILLAS.

65. Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A. C., 1967. Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México. *Revista Ingeniería de Iluminación.*

66. Sprajc, I., 2001. *Orientaciones astronomicas en la arquitectura prehispanica del centro de México.* INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA ed. México: SERIE ARQUEOLOGÍA.

67. Superintendencia de Riesgos del Trabajo, s.f. *Guía La iluminación y su relación con la higiene y seguridad en el trabajo el bienestar laboral y la prevención de accidentes..* s.l.:Asociación Chilena de Seguridad.

68. Tonello, G., Sandoval, J., 1999. *Recomendaciones para la Iluminación de oficinas.* Argentina: AADL-Asociación Argentina de luminotecnia.

69. Viqueira, M. R., 2011. *Introducción a la Arquitectura Bioclimática.* Mexico: Limusa, S.A de C.V..

70. W. Osterhaus, 1993. *Office lighting: a Review of 80 years of standards and recommendations.* Toronto Canada: Proceedings of the 1993 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)..

REFERENCIAS DE INTERNET

71. Ares, N., 2000. *La Iluminacion en el Antiguo Egipto.* [En línea] Available at: http://www.nachoares.com/html/articulos/iluminacion-antiguo-egipto.html [Último acceso: 06 Octubre 2013].

72. Arquitectura, A., 2012. *La luz, importancia en la Arquitectura.* [En línea] Available at: http://www.arqhys.com/articulos/luz-arquitectura.html [Último acceso: 29 Septiembre 2013].

73. AUTODESK, 2012. *Sustainability Workshop (Taller de sustentabilidad).* [En línea] Available at: http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/fundamentals/building-orientation[Último acceso: 17 Enero 2014].

74. Cabello, F. J. A., s.f. *LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE.* [En línea] Available at: http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03_materiales.html[Último acceso: 12 10 2013].

75. Campoy, J. M. G., 2011. *Biblioteca Interactiva del Campus.* [En línea] Available at: http://biblioteca.cisde.es/wp-content/uploads/group-documents/4/1319205803-larevolucionindustrial.pdf[Último acceso: 06 Octubre 2013].

76. CEI-IDAE, 2005. *Iluminación en edificios.* [En línea]Available at: http://www.idae.es/index.php/id.36/relmenu.354/mod.pags/mem.detalle[Último acceso: 10 Enero 2014].

77. CIBSE, 2003. *Draft Addendum to CIBSE Lighting Guide 5: The visual environment in lecture, teaching and conference.* [En línea] Available at: http://www.cibse.org/pdfs/lg5addendum.pdf[Último acceso: 13 Noviembre 2013].

78. CIBSE, 2013. *THE CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS-CIBSE.* [En línea] Available at: http://www.cibse.org/[Último acceso: 13 Noviembre 2013].

79. Council, U. G. B., s.f. *LEED, Leadership in Energy & Environmental Design.* [En línea]Available at: http://www.usgbc.org/leed/ [Último acceso: 08 Noviembre 2013].

80. David Valenzuela-Fisic, s.f. *Teorias de la luz.* [En línea] Available at: http://www.fisic.ch/cursos/primero-medio/teor%C3%ADas-de-la-luz/ [Último acceso: 01 Noviembre 2013].

81. ENERGIA, S. D., s.f. *NORMAS OFICIALES MEXICANAS.* [En línea] Available at: http://www.sener.gob.mx/portal/normas_oficiales_mexicanas.html[Último acceso: 05 Noviembre 2013].

82. Esperilla, R. M., s.f. *Archys.* [En línea] Available at: http://www.arqhys.com/construccion/tipos-cielo.html [Último acceso: 01 Noviembre 2013].

83. European Committee for Standardization, 1996. *Lighting applications. Bélgica..* [En línea] Available at: http://www.cen.eu/cen/pages/default.aspx [Último acceso: 09 Noviembre 2013].

84. Europe, I. E., 2006. *Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Sector Residencial y Terciario.* [En línea] Available at: http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf [Último acceso: 02 Noviembre 2013].

85. Figueroa, A. G., 2005. *México - El culto al sol en las culturas prehispánicas.* [En línea] Available at: http://www.latinoamerica-online.info/cult05/arti05.21_gaitano_puertasol.html [Último acceso: 6 Octubre 2013].

86. H. Ayuntamiento de Baja California Sur, 2005. *REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.* [En línea] Available at: http://www.asistencialegalenlicitaciones.com.mx/legislaciones/BAJA-CALIFORNIA-SUR/Obra-Publica/Reglamento-de-Construcciones-para-el-Estado-de-Baja-California-Sur.pdf [Último acceso: JULIO 2013].

87. H. Ayuntamiento de Chihuahua, 2007. *REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DE CHIHUAHUA, CHI..* [En línea] Available at: http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2008/CDCompilaDerMun/pdf/2A%20REGCHI.pdf [Último acceso: 05 NOVIEMBRE 2013].

88. H. Ayuntamiento de Mérida, 2004. *REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DE MERIDA, YUCATAN.* [En línea] Available at: http://www.merida.gob.mx/municipio/portal/norma/contenido/pdfs/Archivos2004/construccion.pdf [Último acceso: 05 NOVIEMBRE 2013].

89. H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, Jalisco., 1991. *REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DE PUERTO VALLARTA, JAL.* [En línea] Available at: http://www.puertovallarta.gob.mx/transparencia/art8/art8/2/d/Reglamento%20de%20Construccion%20de%20Puerto%20Vallarta,%20Jalisco.pdf [Último acceso: Julio 2013].

90. H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutierrez, 2005. *REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ.* [En línea] Available at: http://www.cicch.com.mx/archivos/normateca/pdf/REGLAMENTO%20DE%20CONSTRUCCION%20CHIAPAS.pdf [Último acceso: JULIO 2013].

91. Illuminating Engineering Society of North America IESNA, 1993. *Lighting Handbook. 8° edición. New York..* [En línea] Available at: http://www.iesna.org/about/what_is_iesna.cfm [Último acceso: 09 Noviembre 2013].

92. Illuminating Engineering Society of North America IESNA, 1999. *Recommended Practice of Daylighting. Daylighting committee..* [En línea] Available at: http://www.iesna.org/about/what_is_iesna.cfm [Último acceso: 09 Noviembre 2013].

93. INIFED, 2013. *INIFED-NORMAS TECNICAS.* [En línea] Available at: http://www.inifed.gob.mx/doc/NORMAS_TECNICAS/ [Último acceso: 10 Noviembre 2013].

94. IPCC, 2014. *INFORME IPCC 2013.* [En línea] Available at: http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/resultados_clave_IPCC_abril_2014.pdf [Último acceso: 13 10 2014].

95. Julián Barquín, 2004. *Energía: técnica, economía y sociedad.* Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.

96. Laszlo, C., s.f. *http://www.laszlo.com.ar/index.php.* [En línea] Available at: http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF [Último acceso: 02 Noviembre 2013].

97. Marcet Felipe, A., 2000. *Óptica Fisiológica. Tema III: La calidad de la imagen: agudeza visual.* [En línea] Available at: http://www.uv.es/afelipe/Temasof/tema3.pdf [Último acceso: 06 Enero 2014].

98. Morales, J. C., 2011. *LUZ EN ARQUITECTURA.* [En línea] Available at: http://laluzenarquitectura.blogspot.mx/ [Último acceso: 01 Noviembre 2013].

99. PROFECO, 2013. *Revista del consumidor en linea.* [En línea] Available at: http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=7077 [Último acceso: 05 Noviembre 2013].

100. Russell, R. M., 2005. *Ventanas al universo.* [En línea] Available at: http://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/em_spectrum.html&lang=sp [Último acceso: 01 Noviembre 2013].

101. Secretaria del Trabajo y Prevision Social, 2008. *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.* [En línea] Available at: http://www.stps.gob.mx [Último acceso: 05 Noviembre 2013].

102. SENER, 2013. *Balance Nacional de Energia.* [En línea] Available at: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf [Último acceso: 13 10 2013].

103. SENER-AIE, 2011. *INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA EN MEXICO: 5 SECTORES, 5 RETOS.* [En línea] Available at: http://www.energia.gob.mx/webSener/taller/res/1858/IEE_Mexico.pdf [Último acceso: Julio 2013].

104. Tecno Lite. La luz es tuya, 2013. *Iluminación y arquitectura, un diálogo de emociones.* [En línea] Available at: http://www.tecnolite.com.mx/pro/area-de-profesionales/iluminacion-y-arquitectura-un-dialogo-de-emociones/ [Último acceso: Septiembre 2013].

105. The Society of Light and Lighting, 2013. *Lighting Guide 5: The visual environment in lecture, teaching and conference.* [En línea] Available at: http://www.cibse.org/content/documents/Regions/PR%20HCNE%20Present%20Jan%202012.pdf [Último acceso: 13 Noviembre 2013].

CURRICULUM RESUMIDO DEL AUTOR

Ing. Arq. Luis Ángel Meza Zárate

DATOS PERSONALES:

Nombre: Luis Ángel Meza Zárate.
No. Telefónico. 044 55 50 64 97 65
Fecha de Nacimiento: 21-Septiembre-1988.
Lugar de Nacimiento: Atizapán de Zaragoza, Estado de México.
Nacionalidad: Mexicana.
Estado Civil: Soltero.
Correo electrónico: mzarate2444@hotmail.com y arch.biotecture@gmail.com

FORMACIÓN ACADÉMICA:

Preparatoria: **TÉCNICO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL I.P.N -C.E.C y T. No. 8: "Narciso Bassols García"**
Ubicación: Av. Granjas 618, Col. Azpeitia, Azcapotzalco, México D.F.
Fecha: 2003 – 2006 Promedio Gral.: 9.30 (Título de grado y cedula profesional).

Licenciatura: **INGENIERO ARQUITECTO I.P.N "Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura"-Tecamachalco**
Ubicación: Av. Fuentes de los leones No.28, C.P 56500 Tecamachalco, Estado de México.
Fecha: 2006 – 2011 Promedio Gral.: 8.43 (Título de grado y cedula profesional).

Posgrado: **ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO-ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA "Universidad Autónoma Metropolitana"-Azcapotzalco**
Ubicación: Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas C.P. 02200, México, D.F.
Fecha: 2012-2013 (Título académico de especialista).

OTROS TÍTULOS:

Título: **Diplomado: "Desarrollo Humano Nivel Medio Superior"**
Ubicación: C.E.C. y T. No. 8-Av. Granjas 618, Col. Azpeitia, Azcapotzalco, México D.F.
Fecha: Agosto 2003- Junio 2006. Duración 180 Horas con evaluación.
Título: **Curso: "Soleamiento en el diseño de espacios arquitectónicos sustentables"**
Ubicación: ESIA Tecamachalco-Av. Fuentes de los leones No.28, C.P 56500 Tecamachalco, Estado de México.
Fecha: Del 3 al 20 de Junio del 2011. Duración 30 Horas con evaluación.
Título: **Seminario: "Diseño Arquitectónico con enfoque bioclimático"**
Ubicación: ESIA Tecamachalco-Av. Fuentes de los leones No.28, C.P 56500 Tecamachalco, Estado de México.
Fecha: Noviembre 2011-Marzo 2012. Duración 150 Horas con evaluación.
Título: **Diplomado: "Diseño de ciudades y comunidades sustentables"**
Ubicación: Universidad Iberoamericana -Prolongación Paseo de la Reforma 880, Lomas de Santa Fe, C.P. 01219, Distrito Federal.
Fecha: Septiembre-Diciembre 2012. Duración 128 Horas con evaluación.
Título: **Curso: "Criterios fundamentales para la simulación térmica de edificaciones utilizando DesignBuilder"**
Ubicación: UAM Azcapotzalco- Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas C.P. 02200, México, D.F.
Fecha: Noviembre 2012. Duración 20 horas con evaluación.
Título: **Curso: "Análisis bioclimático por medio de Ecotect"**
Ubicación: UAM Azcapotzalco- Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas C.P. 02200, México, D.F.
Fecha: Marzo 2013. Duración 20 horas con evaluación.
Título: **Seminario: "Impacto ambiental"**
Ubicación: UAM Azcapotzalco- Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas C.P. 02200, México, D.F.
Fecha: Octubre-Noviembre 2013. Duración 24 horas con evaluación.
Título: **Seminario: "Hábitat sustentable. Estrategias y proyectos en diferentes ámbitos del mundo"**
Ubicación: UAM Azcapotzalco- Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas C.P. 02200, México, D.F.
Fecha: Diciembre 2013. Duración 24 horas.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

PROFESIONISTA INDEPENDIENTE-SOCIEDAD Y COLABORACIÓN EN DESPACHOS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

- Elaboración y maquila de planos 2d y 3d, así como renderizado, recorridos virtuales y presentación de proyectos.
- Maquetas y maquila de planos.
- Diseño gráfico: fotomontajes, láminas de presentación, posters, folletos de venta, etc.
- Edición de fotografía, audio y video.
- Atención, relación y manejo de actividades con clientes, instituciones, socios y aliados, proveedores y medios, contratistas, maestros de obra, etc.
- Búsqueda de oportunidades de negocio.
- Diseño arquitectónico integral, bioclimático y sustentable.
- Proyectos arquitectónicos y seguimiento al ejecutivo.
- Levantamientos arquitectónicos, estructurales y topográficos.
- Diseño y cálculo de instalaciones hidrosanitarias y especiales.
- Memorias y cálculos estructurales.
- Metodologías y memorias arquitectónicas.
- Arquitectura de interiores y de paisaje.
- Eficiencia energética: diseño pasivo y activo, análisis de soleamiento y sombreados, análisis de viento, diseño de dispositivos de control solar y de viento, estudios de iluminación natural y artificial, gestión e impacto ambiental a nivel local y urbano, manejo de sólidos, e implementación de ecotecnologías.
- Consultor independiente en arquitectura bioclimática y sustentable, proyectos urbanos, vialidad y transporte.
- Asesoría externa a empresas y despachos, instituciones en sustentabilidad y medio ambiente.
- Generación de nuevas ideas.
- Supervisión y control de obras.
- Responsabilidad de personas y problemas más allá de la gestión misma del proyecto.
- Garantizar que la comunicación y sinergias con clientes y proveedores se realicen en tiempo y forma.
- Establecer las medidas y reglamentos internos que aseguren la existencia de las condiciones apropiadas para la realización de los trabajos e integridad de los colaboradores.
- Asegurar la disponibilidad, confiabilidad e integridad del módulo funcional asignado.
- Administrar la documentación de los sistemas de información que soporten al negocio.
- Selección de proveedores y compra de materiales,
- Visitas al personal externo, supervisión constante de personal a cargo de mantenimiento y administrativas.
- Mantenimiento preventivo y correctivo de inmuebles.
- Remodelaciones y ampliaciones en general.
- Remodelación de comedores para escuelas de tiempo completo.
- Control documental, planeación estratégica ambiental, coordinación de eventos, presupuestos y administración en actividades diversas.
- Talleres, cursos de herramientas gráficas y de arquitectura.
  Tiempo de actividad: enero 2011-Actualidad
- CENTENNIAL TOWERS MEXICO S.A. de C.V. Marzo – Agosto 2012
- GRUPO RAMSAN. Diciembre 2009 – mayo 2010.
- CONSTRUCCIONES DE MÉXICO. Agosto 2007 – Agosto 2009

IDIOMAS

Título: Especialidad en inglés (Oral y escrito avanzado)
Ubicación: HARMON HALL- Coacalco. Av. José López Portillo 206, Zacuautitla Coacalco, Edo. De México.
Fecha: Agosto 2008-Noviembre 2009. Duración 480 Horas (Diploma-SEP).

RECONOCIMIENTOS Y DIPLOMAS

- Reconocimiento en el “1er encuentro infantil de Valores 1999-2000” a nivel Zona escolar. 11-Abril-2000.
- Reconocimiento al 2do Lugar a Nivel Zona escolar en la “Olimpiada del Conocimiento 2000”. 4-Julio-2000.
- Diploma al 1er lugar en aprovechamiento escolar “1994-2000”. 6-Julio-2000.
- Diploma como alumno integrante de “excelencia en el desempeño académico” 2005.
- Diploma por conclusión de la carrera “Técnico en mantenimiento industrial”julio-2006.
- Reconocimiento como alumno integrante del “Programa de excelencia académica” Agosto-2007.
- Diploma en vigor de la especialidad de Ingles. Julio-2010.
- Reconocimiento por Actualización de Inventario Fitosanitario y propuesta paisajista de la ESIA Tecamachalco. 20-Junio-2011.
- Diploma y reconocimiento por conclusión de carrera “Ingeniero Arquitecto” 1-Julio-2011.
- Becario del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por la COFAA-2011.
- Ganador de la Beca Holcim - Apasco en convenio con la Universidad Iberoamericana campus D.F. Septiembre 2012.